

DA RESTITUIRE FIRMATO UNITAMENTE ALLE BOZZE CORRETTE

Gentile Autore,

abbiamo il piacere di inviarLe le prime bozze del Suo articolo che comparirà nel prossimo fascicolo della rivista
«**ORIZZONTI**», 2016.

Nella correzione delle bozze (**restituzione entro il 21 marzo 2016**) e per permetterci di procedere alla pubblicazione del Suo articolo La preghiamo di attenersi a quanto segue:

a - limitarsi a correggere i refusi, senza intervenire in alcun modo sul testo originale da Lei consegnatoci: eventuali 'correzioni d'autore' straordinarie (frequenti e rilevanti aggiunte, cancellazioni e sostituzioni) Le saranno addebitate secondo i costi correnti;

b - fare attenzione ai rinvii interni alle note, che vengono rinumerate per pagina;

c - (per gli articoli) qualora non presente, inviare un file con un **abstract** in italiano e in inglese (lunghezza **10/12 righe**);

d - relativamente alle bozze da Lei corrette, può inviarci, in alternativa:

- la scansione della stampa con le correzioni per email a: stefania.gigli@unina2.it

- una lista delle correzioni (qualora non siano più di una decina) per email a stefania.gigli@unina2.it

e - all'uscita del fascicolo, riceverà il file in pdf dell'estratto del Suo articolo. Questo file pdf, di proprietà della casa editrice al pari dei file pdf relativi ai vari stadi di bozze, è concesso **in forma gratuita** dalla casa editrice a Lei in 'licenza d'uso' esclusivamente e limitatamente a fini concorsuali e personali e **non** potrà essere inserito su siti a accesso libero (ad esempio academia.edu, ecc.), anche in quanto coperto da Copyright della casa editrice.

Qualora desiderasse invece porre il Suo articolo in rete con accesso libero, utilizzando il pdf dell'estratto del Suo articolo, con la presente accettazione Lei autorizza la Casa editrice a fatturarLe quanto previsto in <http://www.libraweb.net/openaccess.php> in ottemperanza al Copyright e alla politica relativa all'Open Access della Casa editrice, impegnandosi Lei fin da ora al relativo immediato pagamento. In tal caso, Lei si impegna anche a dare pronta informazione alla Casa editrice dell'avvenuta pubblicazione del Suo articolo in rete con accesso libero.

Per permetterci di procedere alla pubblicazione del Suo articolo, si prega di confermarci la Sua accettazione per tutto quanto sopra facendoci pervenire questo nostro modulo da Lei completato e sottoscritto unitamente alla restituzione delle bozze corrette al seguente indirizzo email:

rita.gianfelice@libraweb.net

ACCETTO DI UTILIZZARE 'IN LICENZA D'USO' IL FILE IN PDF DEL MIO ARTICOLO

.....

ESCLUSIVAMENTE E LIMITATAMENTE A FINI CONCORSALE E PERSONALI, ESSENDO QUESTO FILE PDF DI PROPRIETÀ DELLA CASA EDITRICE E COPERTO DA COPYRIGHT, SECONDO TUTTO QUANTO SOPRA SPECIFICATO.

PRENDO ALTRESÌ ATTO E ACCETTO CHE EVENTUALI MIE 'CORREZIONI D'AUTORE' APPORTATE SULLE BOZZE RISPETTO AL MIO TESTO ORIGINALE SARANNO DA ME PAGATE DIETRO PRESENTAZIONE DELLA RELATIVA FATTURA DELLA CASA EDITRICE.

Firma per accettazione e data

.....

Ulteriori delucidazioni relative al Copyright e alla politica relativa all'Open Access della casa editrice sono consultabili a questo indirizzo: <http://www.libraweb.net/openaccess.php>.

Ringraziando della collaborazione, Le inviamo i più cordiali saluti.

Rita Gianfelice

Un atelier proto-bizantino per il riciclaggio del vetro a Hierapolis di Frigia*

Elisabetta Neri, Simona Catacchio

Il ciclo produttivo del vetro in età tardoantica e altomedievale conosce sia nell'ambito orientale che occidentale, una lenta fase di passaggio e transizione dal sistema produttivo di età romana, centralizzato e con distribuzione del vetro grezzo su larga scala, a quello locale tipicamente medievale.

La produzione del vetro richiede, infatti, due tempi di realizzazione: la prima è volta a produrre il vetro grezzo a partire dalle materie prime (sabbie e fondenti), la seconda indirizzata a rilavorarlo per ottenere dei prodotti finiti.

In età romana e fino almeno all'VIII sec., è stato riconosciuto un sistema produttivo per la prima fase della produzione organizzato in grandi forni localizzati unicamente in Egitto e Palestina, in prossimità dei luoghi di estrazione delle materie prime. Il vetro grezzo veniva in seguito smerciato in tutto il Mediterraneo e trasportato in centri secondari di lavorazione.¹

In età medievale, come ben descritto nel *De div. Art.* (II, 1-10) di Teofilo (XII sec.),² l'intero ciclo di produzione era localizzato in un unico sito, dove il vetro grezzo era prodotto in forni specifici e poi rilavorato all'interno di crogioli in altre fornaci per realizzare manufatti o vetro da architettura o semiprodotti.

Al cambiamento di sistema di produzione si associa anche un cambiamento tecnologico nell'uso dei fondenti (alcali utilizzati per abbassare la temperatura di fusione). Se in età romana viene prevalentemente usato il natron (sale minerale estratto soprattutto nelle oasi tra il Cairo e Alessandria),³ in età medievale vengono impiegate ceneri di piante sodiche in ambiente mediterraneo e orientale, e potassiche in Europa continentale.⁴

Il passaggio tra i due sistemi di produzione è, allo stato attuale degli studi, difficilmente collocabile cronologicamente e visualizzabile a livello archeologico in maniera univoca: si verifica probabilmente una lenta e graduale transizione in cui i due sistemi, centralizzato e locale, convivono e quello medievale si afferma con tempi differenti

secondo le diverse aree geografiche e le risorse presenti sul territorio.

Il ciclo produttivo è ulteriormente complicato dall'impiego nei centri secondari di rottami di vetro, come materia prima. Si tratta di una pratica già diffusa in età romana, secondo le attestazioni letterarie e archeologiche.⁵ Quest'uso conosce probabilmente un incremento notevole in età tardoantica e bizantina,⁶ il cui rapporto quantitativo con la produzione ex novo rimane tuttavia da quantificare. Si tratta indubbiamente di una pratica estremamente economica e che sopperisce facilmente alla difficoltà di approvvigionamento delle materie prime che, soprattutto nel caso dei fondenti, sono disponibili solo in habitat con particolari condizioni climatiche e geologiche. Si deve inoltre considerare che, come testimoniano sempre di più i rinvenimenti archeologici di relitti, i rottami costituivano una materia prima smerciata su larga tratta in età romana⁷ come in età bizantina.⁸

In questo quadro vanno inseriti i resti dell'atelier messi in luce, in giacitura secondaria, a Hierapolis nell'area del santuario del *Ploutonion*. Scopo di questa breve nota è quello di presentare contesto e reperti, probabile testimonianza del riciclo di manufatti d'uso di vetro e di tessere vitree per realizzare dei semiprodotti, pronti ad essere smerciati per essere rilavorati in centri di produzione specializzati per la soffiatura, per il vetro da finestra, per il mosaico o per gli smalti.

Il confronto con altri ritrovamenti nella stessa Hierapolis e nel bacino del Mediterraneo confortano l'ipotesi interpretativa e sottolineano una pratica sistematica e strutturata del riciclo del vetro.

E. N.

1. CONTESTO ARCHEOLOGICO DI RINVENIMENTO DEGLI SCARTI DELL'AREA DEL *PLOUTONION* A *HIERAPOLIS* DI FRIGIA

Gli indicatori produttivi più consistenti di un'attività vetraria sono stati messi in

luce in giacitura secondaria nell'area a nord del santuario del *Ploutonion*, indagato tra 2008 e 2013 nell'ambito dell'attività della Missione Archeologica Italiana a Hierapolis di Frigia.⁹

Questo importante complesso culturale e terapeutico è collocato nell'area a sud del santuario di Apollo e ad ovest del teatro. Citato da Strabone per le sue particolari caratteristiche, esso sorge in età tardo-ellenistica in corrispondenza di una grotta naturale presso una spaccatura di faglia, sorgente naturale di anidride carbonica. Monumentalizzato in età giulio claudia e ricostruito in età flavia dopo eventi sismici, era caratterizzato da una facciata monumentale a semicolonne ioniche che enfatizzava l'ingresso alla grotta, da una *tholos* e un *theatron*. In età proto-bizantina *theatron* e *tholos* vennero smontati e l'ingresso monumentale schermato; la realizzazione di due piscine segnala il mantenimento della funzione terapeutica del santuario, forse disgiunta dal suo primigenio valore sacrale, fino al VI sec. Lo spazio antistante la grotta viene successivamente colmato in età medio-bizantina e sulla rovina del *theatron* si installa un edificio di incerta funzionalità. Trasformazioni successive sono attestate da interventi di terrazzamento, posteriori alle distruzioni sismiche di VII sec.

Gli indicatori produttivi sono stati rinvenuti in corrispondenza del passaggio di accesso al *theatron*, in una zona delimitata a nord dal muro del portico (US 209) e a sud da un setto murario d'età medio-bizantina (US 176), impostato sull'allineamento del muro settentrionale del *theatron* (FIG. 1).

I reperti erano concentrati prevalentemente all'esterno del corridoio nell'angolo sud est. Gli strati (US 194, 208, 221, 225) sono costituiti da una matrice terrosa di colore marrone-giallastro, di consistenza molto friabile, e si configurano come il risultato di interventi di oblitterazione del corridoio del *theatron*, che precedono la pianificazione di un'area destinata ad ospitare strutture abitative riconducibili all'età medio bizantina.

* Questo lavoro si inserisce nelle attività di studio e ricerca della Missione Archeologica Italiana a Hierapolis di Frigia (MAIER). Un ringraziamento sentito a F. D'Andria, direttore della Missione, per aver attirato la nostra attenzione sul contesto dei reperti qui presentati, a P. Panarelli per i dati di scavo relativi al contesto di rinvenimento nel santuario del *Ploutonion* e a P. Caggia per la segnalazione

dei reperti dall'area del santuario martiriale di San Filippo. Agli scambi fecondi con loro dobbiamo quello che scriviamo.

¹ NENNA 2007.

² NERI 2013.

³ Sulle possibili sorgenti di natron anche in Macedonia e Asia Minore si veda anche SHORTLAND et alii 2006.

⁴ WEDEPHOL 2005.

⁵ NENNA 2007.

⁶ FREESTONE, SCHIBILLE 2013.

⁷ Si veda ad esempio il relitto di Embiez nel sud della Francia FOY, SOUEN 2007-2008 o quello di Iulia Felix nel nord d'Italia (SILVESTRI et alii 2007).

⁸ BASS et alii 2009.

⁹ Per il contesto e le fasi del santuario si veda D'ANDRIA 2013.

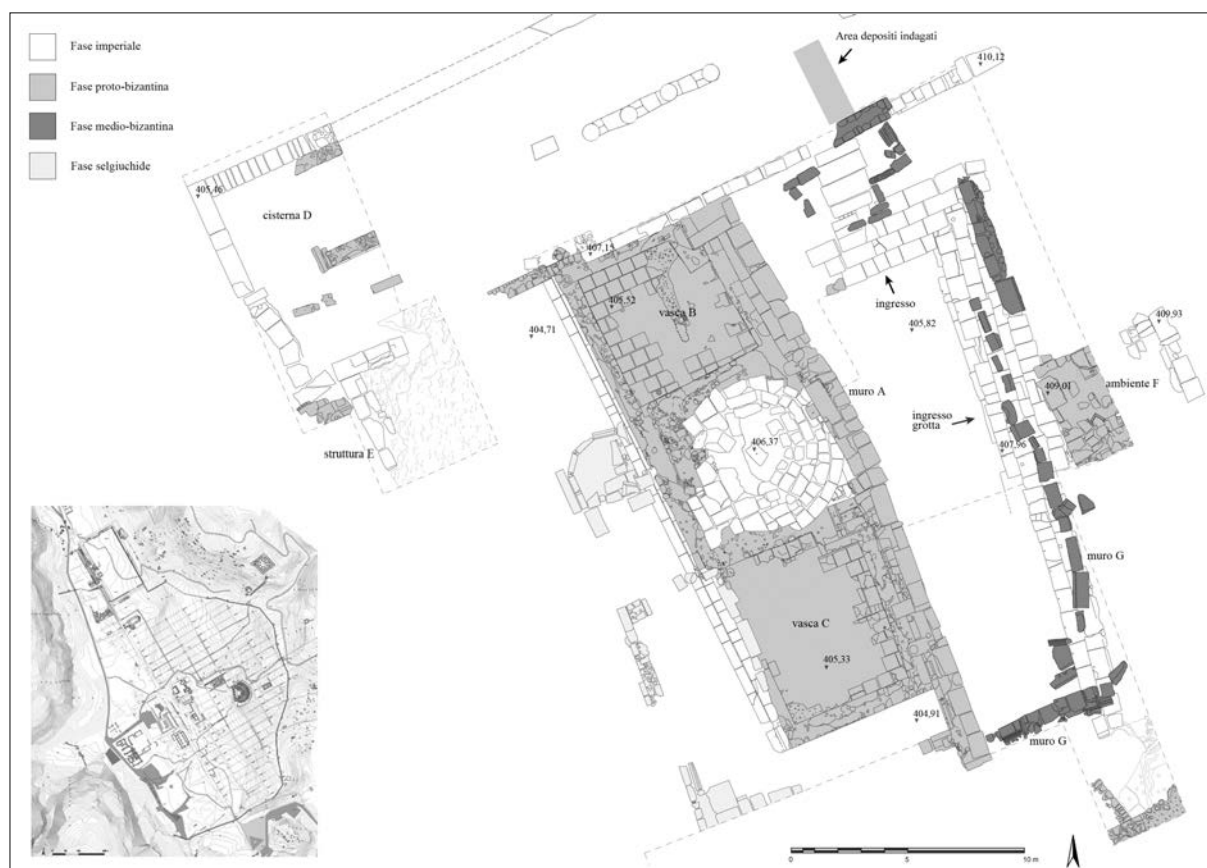


FIG. 1. Hierapolis, planimetria del santuario del Ploutonion.

Le quantità più significative di indicatori di produzione provengono dalle unità stratigrafiche più recenti, che presentano una forte pendenza da nord a sud (US 194 e 208, FIG. 2) e sono associati ad accumuli di frammenti di laterizi,

materiali lapidei e reperti ceramici, relativi all'età proto-bizantina. Il contesto e l'assenza di associazione ad una struttura produttiva e ad attività di combustione porta a considerare i reperti in giacitura secondaria.

Dall'analisi della sequenza stratigrafica e dei materiali ceramici¹⁰ è possibile proporre una cronologia tra V e VII secolo.

Tale cronologia viene precisata in termini *ante quem* anche dai manufatti vitrei qui presentati ed usati come materiale di riciclo.

S. C. · E. N

2. I RESTI DEL CICLO PRODUTTIVO: DESCRIZIONE E GENESI DI FORMAZIONE

I reperti,¹¹ seppur in giacitura secondaria, rendono testimonianza di un'attività di riciclo di recipienti vitrei, di lastre da finestra e di tessere per produrre dei semiprodotti destinati ad essere smerciati che assumevano la forma di piastre vitree trasparenti di differenti tonalità naturali.¹²

La prima fase del lavoro consisteva, infatti, nella raccolta di rottami di vetro

FIG. 2. Strati di colmatare e oblitterazione del corridoio tra *theatron* e portico in cui sono stati rinvenuti i reperti.

¹⁰ L'analisi delle evidenze architettoniche e materiali del santuario rientra nell'ambito della tesi di dottorato del Dott. Pio Panarelli, che ringraziamo per la disponibilità, le indicazioni e i preziosi suggerimenti durante l'elaborazione di questo lavoro.

¹¹ Catalogo in Appendice 1.

¹² Un utile manuale per il riconoscimento degli indicatori produttivi è *Archaeological Evidence for Glassworking* 2011.



FIG. 3. Rottami di vetro destinati al riciclo.



FIG. 5. Tessera vitrea non ancora fusa su fondo di crogiolo in argilla refrattaria.



FIG. 6. Blocchi di piccole dimensioni di vetro grezzo.



FIG. 4. Oggetti semifusi (a sin.), tessere semifuse (a destra).

eterogenei di cui restano diversi esemplari nelle us interessate (FIG. 3).¹³ Questi manufatti non possono essere considerati prodotti finiti, esito finale della rifusione, perché gli esemplari sono tipologicamente molto differenti e cronologicamente distanti. La residualità è confermata anche dall'alto indice di frammentazione, che limita l'individuazione di pezzi diagnostici. L'assenza di colletti e ritagli esclude che qui siano realizzate operazioni di soffiatura del vetro.

La presenza di tessere e oggetti semifusi (FIG. 4) e di un fondo di crogiolo con una tessera non ancora fusa (FIG. 5)¹⁴ confermano che i materiali raccolti erano destinati al riciclo. Insieme ai rottami doveva essere sempre aggiunta una percentuale di vetro grezzo per consentire la buona qualità del prodotto finale. Alcuni frammenti di vetro grezzo trasparente decolorato sono stati, infatti, rinvenuti anche tra i materiali residui del contesto in esame (FIG. 6).

E. N.

I MANUFATTI DESTINATI AL RICICLO

Attraverso lo studio dei frammenti vitrei destinati alla rifusione all'interno dell'atelier, si riesce a definire quali tipologie erano in circolazione a *Hierapolis* nel periodo compreso tra la tarda età imperiale e il periodo proto-bizantino (v-metà VII secolo d.C.). I vetri provenienti da questi contesti stratigrafici sono stati datati in base ai confronti nell'edito.

¹³ Per una seriazione dettagliata dei reperti si veda il catalogo *infra*.

¹⁴ Il ritrovamento di un crogiolo destinato alla fusione di tessere e rottami con una tessera calcarea adesa al fondo è stato messo

in luce a San Vincenzo al Volturno (da ultimo FREESTONE, SCHIBILLE 2013).

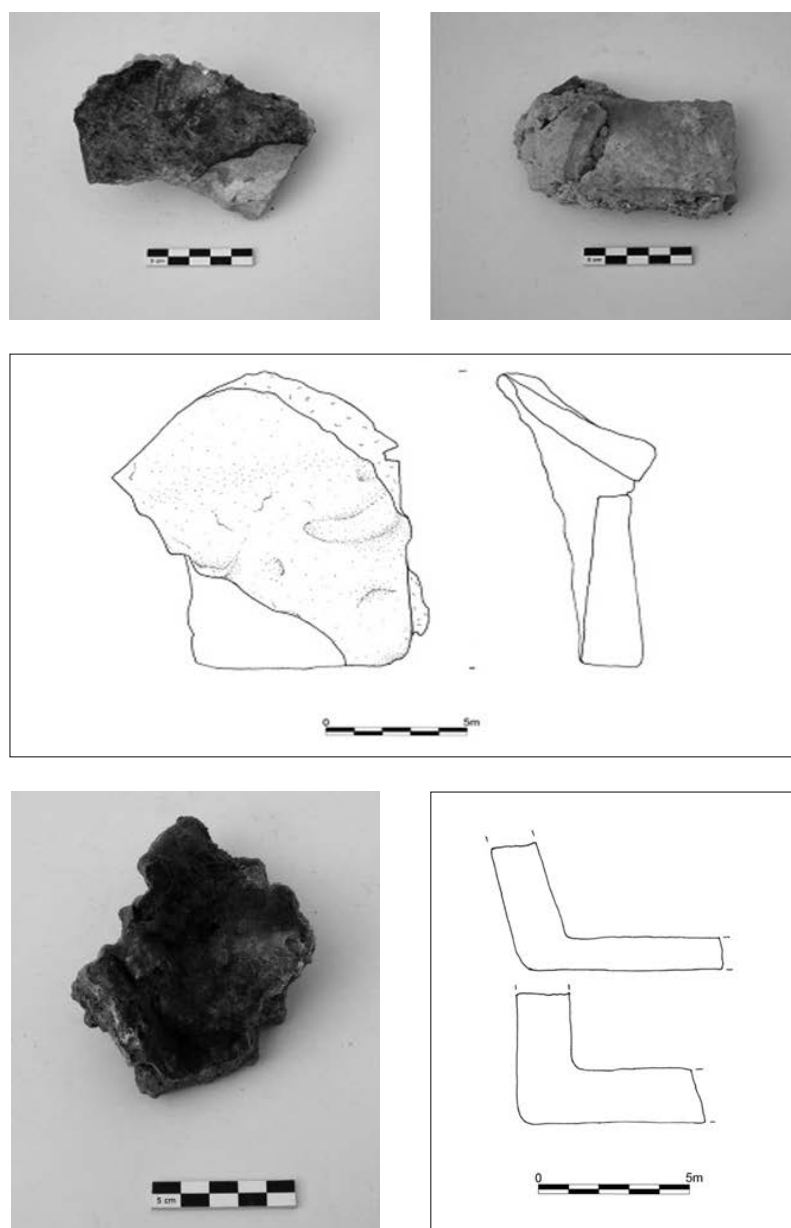


FIG. 7. Frammento di fondo di crogiolo in laterizi e argilla refrattaria con vetrificazione superficiale; frammenti di fondo e parete di crogiolo in argilla refrattaria con vetrificazione superficiale.

Si tratta prevalentemente di frammenti relativi a forme da mensa quali bicchieri, calici, coppe, bottiglie e piatti, associate a piccoli unguentari, lastre da finestra e suppellettili da illuminazione (FIGG. 18-19).

Lastre da finestra

I frammenti di vetro piano rinvenuti nei contesti in esame, testimoniano la presenza di lastre da finestra realizzate con

il metodo della fusione all'interno di cornici in legno, pietra o piombo (US 194, 1-2; US 208, 1; US 225, 2-3). Il vetro fuso viene colato con un mestolo in uno stampo, poco profondo, distribuito per mezzo di spatole piatte di legno e lasciato raffreddare.¹⁵ Il risultato finale è una piastra in vetro, che viene rimossa, posizionata in verticale all'interno dei forni di ricottura e, una volta raffreddata, tagliata nelle forme desiderate. Esempi di questa tecnica di lavorazione sono stati

ELISABETTA NERI, SIMONA CATACCHIO

trovati in diversi contesti bizantini dell'Asia Minore: *Amorium* in Frigia,¹⁶ *Sardis* in Lidia,¹⁷ come sul cantiere delle più recenti indagini d'emergenza realizzate a Marmaray-Sirkeci, Istanbul.¹⁸

Bicchieri

Tra i reperti, risultano numerosi fondi e orli che richiamano una tipologia di bicchiere molto diffusa nel Mediterraneo Orientale dal IV secolo d.C. sino al medioevo (US 194, 9-11; US 208, 4-5; US 225, 4-5).¹⁹ Nello specifico si tratta di un bicchiere caratterizzato da vasca svasata, piede troncoconico con fondo rientrante, distinguibile dalle altre forme potorie per la presenza di un restringimento in prossimità del piede che sembra imitare lo stelo di un calice.

Di interesse si rivela un frammento di un piede di calice con margine tubolare e collo del piede cavo (US 221, 7). Esempi di questo tipo si trovano in importanti insediamenti dell'Anatolia e del Vicino Oriente a partire dal periodo proto-bizantino²⁰ e trovano inoltre confronto con manufatti simili provenienti da altre aree della stessa città di *Hierapolis*, nello specifico dal Ninfeo dei Tritoni (età severiana) e databili tra la fine del IV e gli inizi del V secolo d.C., e dalla Casa dei Capitelli ionici, negli strati di crollo del cd. *Kapeleion* riferibili ad un periodo compreso tra la fine del VI e gli inizi del VII secolo d.C.²¹ Piedi simili si rinvenivano solitamente associati ad orli verticali o leggermente inclinati (US 208, 10), ricostruendo una forma utilizzata indistintamente per bere o come lampada per l'illuminazione.²² Ad un bicchiere in uso prevalentemente nel IV secolo ci riportano, invece, i frammenti di orlo ingrossato che presentano un restringimento verso il corpo (US 225, 6; US 221, 2).²³

Coppe

A forme cronologicamente antecedenti si riferiscono i frammenti di orli estroflessi e fondi apodi attribuibili a coppe emisferiche e fondo più o meno concavo (US 194, 4, 6; US 208, 6; US 221, 4). Diffuse a partire dal III secolo d.C. raggiungono l'apice nel secolo IV e sono spesso arricchite da decorazione a rilievo (US 221, 5).²⁴

Tra i piedi ad anello si segnalano tre esemplari ascrivibili a coppe: il primo caratterizzato da fondo a conoide rientrante (US 194, 7), datato al IV-V secolo, il secondo ed il terzo con fondo piano (US 194, 8; US 221, 6) trovano confronto con i rinvenimenti di *Amorium* (Frigia), in contesti di poco successivi, V-VI secolo d.C.²⁵ Cronologia analoga presentano i

¹⁵ FOY, SOUEN 2007-2008.

¹⁶ GILL 2002.

¹⁷ VON SALDERN 1980.

¹⁸ KANKAY 2009.

¹⁹ ISING 1957, forma 109a-b.

²⁰ ÇAKMAKÇI 2009, pp. 53, 62.

²¹ GENÇLER 2000, p. 247.

²² GILL 2002, p. 38.

²³ BLIND 2009.

²⁴ ANTONARAS 2010, p. 386; ISING 1957, forma 96; VON SALDERN 1980, pp. 20-21.

²⁵ GILL 2002.

due frammenti di piede inclinato con margine ingrossato che lascerebbero pensare a coppe su piede o a calici (US 194, 5; US 208, 7). Diffuso, presumibilmente, a partire dall'età flavia è invece il reperto 3, identificato nell'US 208, un piede ad anello cavo, con fondo piano riconducibile ad un piatto, ma senza una parte consistente del corpo risulta difficile assegnare una datazione precisa.²⁶ Interessante inoltre il rinvenimento di due fondi apodi presumibilmente da associare a grandi contenitori o a coppe, ma nell'assenza di una parte consistente dei manufatti risulta complesso attribuire i frammenti ad una specifica forma (US 208, 12; US 225, 1).

Bottiglie

I contenitori chiusi da mensa sono rappresentati prevalentemente da una tipologia di bottiglia, caratterizzata da imboccatura ad imbuto e corpo globulare (US 208, 8; US 221, 3), che costituisce una delle forme in vetro più comuni in Anatolia sin dal IV secolo d.C.²⁷

Unguentari

Sono inoltre documentati nei depositi in esame colli e basi apode di piccole dimensioni associabili ad unguentari miniaturistici (US 194, 3; US 208, 2, 13; US 221, 1), la cui cronologia è fissata tra V e VI secolo d.C., sulla base del rinvenimento di esemplari simili in altri contesti di scavo dell'area archeologica di Hierapolis.²⁸

Lampade

Ad una lampada di VII secolo d.C. lascerebbe pensare l'orlo ripiegato a sezione tubolare, leggermente introflesso rinvenuto nell'US 208 (11), come evidenziano i confronti presi in esame.²⁹

Tessere

6 tessere verde acqua opache e una trasparente molto corrosa di 0,7 cm di lato presentano tracce di malta a base di calce, praticamente priva di aggregato. Questo testimonia il loro impiego originario in un mosaico parietale. Resti di mosaici parietali a Hierapolis di età proto e medio-bizantina sono stati messi in luce nella chiesa di San Filippo e nel Teatro.

S. C.

I crogioli e i resti di produzione

Gli scarti di produzione³⁰ permettono di ricostruire tutte le fasi del ciclo di lavorazione.

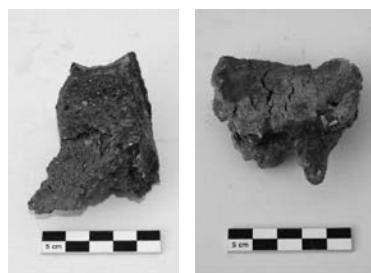


FIG. 8. Frammenti di parete di crogiolo in argilla refrattaria con vetrificazione superficiale e residui di miscela vitrea nello spessore.

I rottami raccolti venivano rifusi in grandi crogioli circolari costituiti in laterizi rivestiti da materiale refrattario con grossi inclusi calcarei (FIG. 7). Di questi si conservano solo frammenti di parete e di fondo di dimensioni tali da non permettere la ricostruzione della forma. Essi presentano nella parte interna uno strato consistente di vetrificazione dell'argilla, prodotto dall'alta temperatura di fusione del vetro e nelle spaccature residui della miscela vetrosa³¹ (FIG. 8).

Come descritto dai trattati di arte vetraria medievali,³² in questi recipienti venivano collocati i rottami e azionato il processo di combustione, la cui temperatura era innalzata grazie all'insufflaggio d'aria dei mantici. Questo produceva la liquefazione del vetro che restava sul fondo del crogiolo, mentre le scorie e le impurità galleggiavano in superficie e venivano schiumate e accumulate fuori dal crogiolo. Tra i materiali del contesto in esame sono, infatti, stati riconosciuti dei fori del crogiolo in materiale refrattario per l'inserimento e il fissaggio degli ugelli dei mantici (FIG. 9). Alcuni risultano estremamente vetrificati, altri presentano solo tracce di rubefazione. Si segnala in particolare la presenza della parte superiore del sistema di fissaggio di un mantice a doppio ugello (FIG. 10). Questa tipologia di mantici, nota in ambito post-medievale³³ e medievale³⁴ per la metallurgia, ritrova qui una precoce attestazione di notevole interesse. Testimonianza di questa fase del processo sono inoltre le scorie di schiumatura.

Sono stati rinvenuti anche crogioli di più piccole dimensioni di cui si conservano fondi e pareti (FIG. 11). Questi sono in materiale refrattario con impasto grossolano e grandi inclusi calcarei; presentano uno strato vetroso in superficie

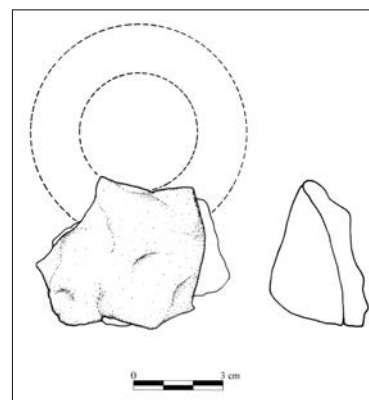


FIG. 9. Frammento di parete con foro singolo per ugello del mantice.

verde o blu verde trasparente con scarse impurità. Essi testimoniano un affinamento ulteriore della miscela vitrea, rispetto ai crogioli precedentemente descritti.

Il vetro fuso era a questo punto pronto per essere colato; per testare la fluidità prima della colatura veniva effettuato un test di fluidità: una parte della miscela era estratta dal crogiolo e colata su un piano o nella terra. In base al risultato la temperatura veniva regolata, oppure si procedeva nella cottura o ancora si colava. Questa operazione è testimoniata dal rinvenimento di numerosi provini di fusione (FIG. 12).

Come testimoniato dal rinvenimento di numerosi colaticci (FIG. 13), l'ultima fase del processo consisteva nella colatura. Il vetro veniva colato tramite una cazza: un utensile a forma di mestolo o un piccolo crogiolo refrattario legato a un bastone, di cui si sono trovati significativi resti per esempio nell'atelier altomedievale di Comacchio.³⁵ Durante le operazioni di colatura si possono creare dei filamenti tra l'utensile usato per colare e il piano su cui si cola. In questo caso il vetro era colato in stampi di cui sono stati rinvenuti numerosi frammenti in materiale refrattario (FIG. 14). Gli stampi sono costituiti in argilla porosa termoalterata con consistenti inclusi. I frammenti conservati rappresentano, in un caso, la non riuscita del processo: il vetro si è infiltrato nella matrice argillosa, facendo probabilmente esplodere lo stampo e deformando il prodotto finito. Gli altri esemplari conservati presentano invece solo la parte inferiore dello stampo in materiale refrattario e uno spesso strato di vetro (0,3-1,1 cm) (FIG. 15).

²⁶ ISING 1957, forma 48.

²⁷ BAYBO 2009, p. 192; GENÇLER 2000, pp. 246-247; ISING 1957, forma 133.

²⁸ GENÇLER 2000, pp. 243-244.

²⁹ GILL 2002, p. 72, n. 188.

³⁰ Catalogo in Appendice 1.

³¹ I residui sono particolarmente simili a quelli di età medio-bizantina messi in luce nell'area della basilica dell'Acheropoitos a Salonicco: ANTONARAS 2013.

³² CANNELLA 2007.

³³ CUCINI 1990.

³⁴ NERI 2006 e NERI, ZANETTE, LUSUARDI SIENA 2007.

³⁵ FERRI 2009.

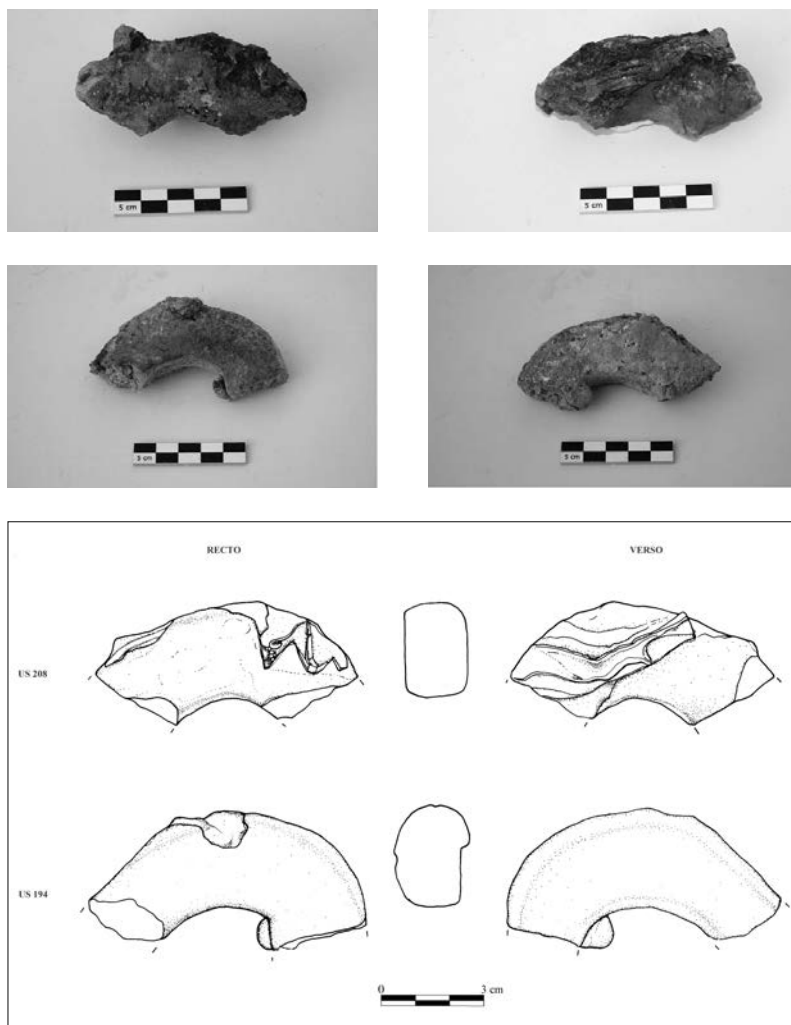


FIG. 10. Frammento di parete con foro per ugelli di mantici a doppia sacca (recto a sin. e verso a destra).

Le piastre

Il processo di riciclo di cui sono stati ritrovati precisi indicatori era volto alla realizzazione di piastre, semiprodotti colati in stampo, destinati ad essere ulteriormente smerciati per essere rifuse e rilavorate per ottenere vetri da finestra o manufatti d'uso. Le piastre rinvenute sono di due tipi di vetro trasparente: l'uno verde scuro, l'altro azzurro chiaro. Queste due tipologie di vetro sono d'altronde riscontrate anche nei residui presenti sui crogioli. Dopo un lento raffreddamento la piastra di vetro colata doveva essere staccata dallo stampo tramite un apposito utensile che poteva, in caso di errore, provocare la rottura o generare delle schegge residuali, anch'esse rinve-

nute. Non si conservano piastre finite in questo contesto. Su base comparativa si può tuttavia ricostruire quale fosse il loro aspetto finale: i rinvenimenti di Xanthos³⁶ e di Sardi³⁷ e quello di Hierapolis nell'area del *martyrium* di San Filippo di semiprodotti analoghi testimoniano la circolazione di questi manufatti che vanno, con ogni probabilità considerati, come il corrispondente dei pani di vetro, in ambito occidentale, la cui attestazione è estremamente diffusa a partire dal primo altomedioevo.³⁸

3. ATELIERS IN ASIA MINORE E ALTRE EVIDENZE DELLA PRODUZIONE DEL VETRO A HIERAPOLIS IN ETÀ BIZANTINA

Sono ormai numerose le strutture secondarie per la lavorazione del vetro al-



FIG. 11. Frammento di pareti di crogiolo con impasto grossolano con inclusi calcarei in superficie coperto da strato di vetro ben purificato.



FIG. 12. Proveni di fusione o test di fluidità.

l'interno dell'impero bizantino segnalate nella letteratura recente.³⁹ Tuttavia rimangono rarissimi i casi che pubblicano in dettaglio gli indicatori produttivi e i possibili prodotti finiti associati.⁴⁰

In particolare per l'Asia Minore attestazioni archeologiche di fornaci per la lavorazione del vetro sono menzionate per il periodo proto bizantino a Anemorium,⁴¹ a Troia⁴² (datata al IV sec.), a Aphrodisias (datata al IV-VI sec.),⁴³ e a Efeso⁴⁴ (datata VI sec.).

Resti della lavorazione del vetro a partire da rottami di vetro da riciclare, non associati ad installazioni produttive, ma rinvenuti in giacitura secondaria, come nel contesto del *Ploutonion* di Hierapolis, sono invece stati riconosciuti a Nicea,⁴⁵ a Sagalassos,⁴⁶ a Sardi⁴⁷ e a Xantos.⁴⁸ In questi ultimi due siti è stata

³⁶ FOY 2007.

³⁷ VON SALTERN 1980.

³⁸ GRATUZE *et alii* 2003.

³⁹ STERNINI 1995 e KELLER 2010.

⁴⁰ Cfr. per Salonicco ANTONARAS 2013.

⁴¹ RUSSELL 1972, pp. 34-35; STERN 1985, p. 44.

⁴² ROSE 1992, pp. 55-56; ROSE 1993, pp. 110-111.

⁴³ SMITH, RATTÉ 1998, pp. 238-239.

⁴⁴ CZURDA-RUTH 2005.

⁴⁵ ÖZGÜMÜ 2008, p. 734.

⁴⁶ LAUWERS, DEGRYSE, WALKENS 2007.

⁴⁷ VON SALTERN 1980, pp. 94-97 e 101-102.

⁴⁸ FOY 2007, in part. fig. 6.



FIG. 13. Colaticci di fusione.

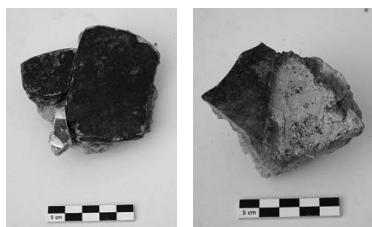


FIG. 14. Resti di stampi per la realizzazione di piastre vitree.

riconosciuta la presenza di piastre in tutto analoghe a quelle prodotte nell'atelier di *Hierapolis*.

In particolare a Xantos, la placca di argilla ricoperta di vetro con un diametro di circa 18 cm, in tutto analoga a quella ierapolitana, è stata interpretata dubitativamente come fondo di crogiolo, suola di un forno (FIG. 16). Tuttavia la superficie esterna è non finita e mostra delle tracce di immorsatura, non vi sono infiltrazioni di vetro nell'argilla, lo spessore del vetro è estremamente regolare e costante (tra 1 cm e 1,5 cm) e la superficie superiore liscia. Queste caratteristiche morfologiche portano ad interpretare il manufatto come il residuo di uno stampo di fusione per semiprodotti vitrei. Numerosi altri frammenti distaccatisi da questa piastra vitrea o da esemplari analoghi sono stati messi in luce. L'esistenza di piastre di questo tipo, ritrovate adese allo stampo argilloso sono documentate anche a Sardi e in un centro produttivo del VII sec. a Beirut.⁴⁹

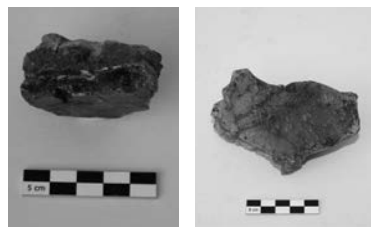


FIG. 15. Resti di stampi di piastre con strato di vetro adesivo.

A differenza dei centri produttivi di Xantos e Beirut, dove la produzione di piastre è congiunta a quella di vetri soffiati, nell'atelier da cui provengono i resti messi in luce nel *Ploutonion* di *Hierapolis*, come in quello di Sardi, il riciclo di rottami di vetro sembra indirizzato esclusivamente alla produzione di semiprodotti in vetro trasparente pronti ad essere smerciati per garantire in centri specializzati, localizzati nella stessa città o altrove, la realizzazione dei prodotti finiti. L'assenza di residui specifici delle attività di soffiatura (come i colletti) è argomento a sostegno dell'ipotesi.

Evidenze di atelier secondari che riciclano rottami di vetro in concorrenza con quelli che utilizzano vetro primario, che pure continua ad essere prodotto anche con la tradizionale ricetta romana con il natron come fondente,⁵⁰ sono ormai con frequenza attestati in ambito bizantino al di fuori dell'Asia Minore.⁵¹ Questi testimoniano una fase di transizione nel lento passaggio tra la produzione centralizzata ereditata dall'impero romano e la produzione locale dell'intero ciclo produttivo che comprende anche la fase primaria di realizzazione del vetro a partire dalle materie prime. D'altronde il riciclo dei rottami di vetro in età proto-bizantina e medio-bizantina doveva in gran parte sopperire l'approvvigionamento di vetro grezzo, non solo in un'economia locale (si riciclano gli scarti che vengono assemblati sul sito), ma anche su larga scala, se, com'è noto dal relitto di Serçe Limani (X-XI sec.),⁵² i rottami di vetro circolavano come materia prima. Si trovano, infatti, chiare evidenze archeologiche della localizzazione del processo (una produzione in uno stesso sito del vetro grezzo e della rilavorazione di questo per produrre manufatti), solo a partire dall'età tardo-bizantina. Stando all'interpretazione fornita dalla letteratura, questo sistema sembra inoltre probabilmente essere impiantato dai veneziani, secondo le attestazioni documentarie⁵³ e la datazione archeolo-

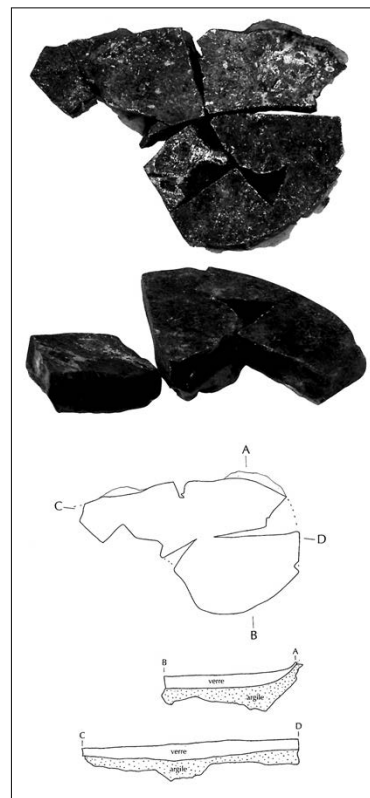


FIG. 16. Xantos, resti di piastra vitrea adesa allo stampo-piano di fusione.

gica proposta per i forni di Creta⁵⁴ e per quelli dell'agorà sud di Corinto.⁵⁵

Il caso di *Hierapolis* assume particolare significato in questo quadro, dal momento che si tratta di una rara testimonianza di produzione di semiprodotti destinati allo smercio o ad essere rilavorati altrove *in situ*, a partire da materiale di riciclo. Altre esigue evidenze di questo tipo di produzione si riscontrano all'interno della stessa città nell'area del *martyrium* e della basilica di San Filippo. Da uno strato superficiale in prossimità della chiesa proviene, infatti, un elemento di stampo o di forno in materiale refrattario dalla superficie ondulata con uno strato consistente di vetrificazione verde e residui di vetro rosso (FIG. 17). La composizione chimica del vetro rosso risulta analoga a quella delle tessere rosse messe in opera nei mosaici parietali della basilica di San Filippo (cfr. appendice 2). Si può quindi supporre che si tratti di uno stampo o di un elemento di una struttura produttiva pertinente al ciclo del riciclaggio di tessere. La struttura ondulata e inclinata della superficie e la netta interfaccia di stacco tra la parte vetrificata e non vetrificata

⁴⁹ FOY 2000.

⁵⁰ SCHIBILLE 2012.

⁵¹ Cfr. ad esempio HARDEN 1936; KELLER 2006; ANTONARAS 2010; ANTONARAS 2012; ANTONARAS 2013.

⁵² BASS *et alii* 2009.

⁵³ HAN, ZECCHIN 1975.

⁵⁴ MALTEZOU 2004.

⁵⁵ WHITEHOUSE 1989, pp. 73-82; WHITEHOUSE 1993, pp. 659-661.

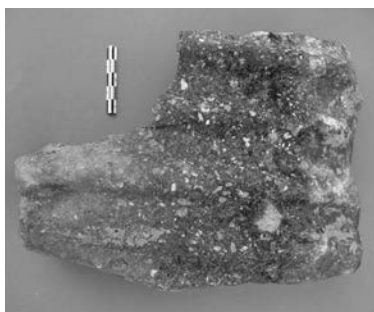


FIG. 17. *Hierapolis*, area della chiesa di San Filippo. Piastra per la produzione del vetro a partire dal riciclaggio delle tessere.

della piastra potrebbero portare ad identificare il reperto con uno stampo per la realizzazione di bacchette a partire dalla rifusione delle tessere. La tecnica di rifondere le tessere per ricavare semiprodotti (bacchette e piastre) in vetro colorato da usare per la produzione di smalti, finestre e perle è nota grazie a due passi del *De diversis artibus* di Teofilo (II, 12 per le finestre e III, 54 per gli smalti) e da una serie di ritrovamenti archeologici, noti soprattutto nel mediterraneo occidentale,⁵⁶ come ad esempio nelle fasi tardoantiche e longobarde della villa Aiano Torracchia (VI sec.).⁵⁷ nel monastero di San Vincenzo al Volturno nel IX sec.⁵⁸ Ad un test di fusione, per verificare il coefficiente di fusione delle tessere, seguiva un arrostitimento in crogioli e una colatura su placche in materiale refrattario o metallico, su cui veniva disposto l'apposito distaccante. Purtroppo la lastra di *Hierapolis*, essendo stata ritrovata in strati di riporto di età selgiuchide, risulta priva di contesto e di possibilità di datazione archeologica. Tuttavia si può ipotizzare l'attività di cui rende testimonianza solo in contemporanea a una fase di distruzione dell'apparato decorativo della basilica. La rifusione delle tessere può quindi essere riferibile ad una fase posteriore al disuso della basilica medio-bizantina, che era dotata di un importante apparato decorativo in mosaico con tessere vitree, come dimostrato da uno studio archeologico-archeometrico sulle tessere musive e sui frammenti qui rinvenuti. Tuttavia se si suppone la presenza di un mosaico, sulla base della presenza di tessere di reimpiego di VI sec. nel mosaico medio-bizantino, è altresì probabile che l'attività di rifusione sia avvenuta prima della costruzione della chiesa medio-bizantina dopo il terremoto del VII sec., nell'ambito del cantiere relativo a queste fasi.⁵⁹

⁵⁶ NERI 2012.

⁵⁷ CAVALIERI, GIULIA MAIR 2009.

⁵⁸ Da ultimo SCHIBILLE, FREESTONE 2013.

Piastre in vetro trasparente verde oliva e residui di fusione del vetro, identici ai semiprodotti realizzati nell'area produttiva del *Ploutonion*, sono state rinvenute durante gli scavi del 1965 nel *martyrium* di San Filippo. Questi, seppur privi di contesto, per le modalità di conduzione degli scavi testimoniano un'attività analoga anche nell'area dell'ottagono, purtroppo non riferibile ad una cronologia precisa.

Gli indicatori di produzione qui presentati documentano due attività di riciclo di manufatti e tessere vitree a *Hierapolis* in età proto bizantina nell'area del *Ploutonion* e in età tardo bizantina o selgiuchide nell'area del *martyrium* di San Filippo. Queste attività si inseriscono probabilmente nelle fasi di defuzionalizzazione dei due edifici all'interno del santuario cristiano.

Gli indicatori esaminati portano a meglio interpretare l'organizzazione dell'industria vetraria nella fase di transizione tra la tecnologia romana e quella propriamente medievale. Testimoniando tutte le fasi del ciclo produttivo, essi provano per la prima volta che tali attività erano indirizzate alla realizzazione di semiprodotti. Questo, contrariamente a quanto spesso affermato in termini generali,⁶⁰ conferma che il riciclo non implica necessariamente la localizzazione della produzione e la contrazione delle rotte commerciali e non esclude un possibile smercio su larga scala dei semiprodotti. Il riciclo e la produzione di manufatti, per cui erano necessarie altre competenze specifiche, sono qui da valutare in maniera disgiunta. Attestazioni epigrafiche di centri specializzati per la soffiatura del vetro in età proto-bizantina con menzioni di artigiani addetti sono note a Seleucia sul Kalykadnos e a Korykos in Cilicia⁶¹ e per l'età medio-bizantina presso la porta del vento a Bisanzio,⁶² segno del mantenimento di grandi poli industriali che si approvvigionavano di semiprodotti e di vetro grezzo.

E. N.

APPENDICE 1. CATALOGO

I manufatti

US 194

1. Lastra da finestra. FIG. 18.

Vetro trasparente color verde chiaro con patina iridescente, macchie brune e numerose microbolle. Vetro piano, con margini frastagliati.

Misure: alt. 4,8 cm; largh. 2,7 cm; spess. 0,2 cm.

⁵⁹ Per le fasi della chiesa si veda D'ANDRIA 2013a.

⁶⁰ MC CORMICK 2002.

2. Lastra da finestra. FIG. 18.

Vetro opaco con patina iridescente e macchie brune. Vetro piano, con margini frastagliati.

Misure: alt. 2,7 cm; largh. 1,5 cm; spess. 0,2 cm.

3. Unguentario. FIG. 18.

Vetro trasparente incolore con patina iridescente, macchie brune e microbolle. Collo cilindrico con imboccatura svasata e orlo ingrossato.

Misure: alt. 5,1 cm; orlo 1,5 cm; spess. 0,1-0,3 cm.

Confronti: GOLOFAST 2009, p. 306, fig. 5, nn. 20-22 (Chersonesos, Crimea).

Datazione: v-vi secolo d.C.

4. Coppa. FIG. 18.

Vetro trasparente celeste chiaro con patina iridescente e macchie brune. Due frammenti di orlo estroflesso leggermente ingrossato, vasca dal profilo emisferico.

Misure: alt. 1,7 cm; orlo 8 cm; spess. 0,1-0,3 cm.

Confronti: GORIN-ROSEN 2012, p. 53, fig. 2, n. 7 (Horbat biz'a, Israele); ISING 1957, forma 96.

Datazione: III-IV secolo d.C.

5. Coppa. FIG. 18.

Vetro opaco color giallo con patina iridescente, macchie brune e microbolle. Piede inclinato con margini ingrossati.

Misure: alt. 1,2 cm; piede 6 cm; spess. 0,4 cm.

Confronti: GILL 2002, p. 73, fig. 1/16, nn. 215-216 (Amorium, Frigia).

Datazione: v-vi secolo d.C.

6. Coppa. FIG. 18.

Vetro trasparente color giallo paglierino con numerose microbolle e con segni del distacco del pontello. Fondo apodo con conoide rientrante.

Misure: alt. 1,4 cm; fondo 5 cm; spess. 0,1-0,2 cm.

Confronti: ISING 1957, forma 96.

Datazione: III-IV secolo d.C.

7. Coppa? FIG. 18.

Vetro trasparente color celeste chiaro con patina iridescente e numerose microbolle. Piede ad anello con margine ripiegato a sezione tubolare e fondo a conoide rientrante.

Misure: alt. 1 cm; piede 6 cm; spess. 0,2 cm.

Confronti: GORIN-ROSEN 2012, p. 53, fig. 2, n. 11 (Horbat biz'a, Israele).

Datazione: IV-V secolo d.C.

⁶¹ STERN 1989, pp. 121-122.

⁶² TALBOT 2005.

8. Coppa-Bicchiere. FIG. 18.

Vetro opaco incolore con patina iridescente, macchie brune e numerose microbolle. Piede ad anello con margine ripiegato a sezione tubolare e fondo piano.

Misure: alt. 0,6 cm; piede 5 cm; spess. 0,2 cm.

Confronti: GILL 2002, p. 73, fig. 1/16, n. 231 (Amorium, Frigia).

Datazione: v-vi secolo d.C.

9. Bicchiere. FIG. 18.

Vetro trasparente color giallo paglierino con patina iridescente e alcune macchie brune. Frammento di piede troncoconico con margine ingrossato e fondo a conoide rientrante con segni del distacco del pontello.

Misure: alt. 2 cm; piede 5 cm; spess. 0,2 cm.

Confronti: ISING 1957, p. 136, forma 109a-b.

Datazione: dal iv secolo d.C.

10. Bicchiere.

Vetro trasparente color celeste chiaro con patina iridescente e alcune macchie brune. Frammento di piede troncoconico con margine ingrossato e fondo a conoide rientrante con segni del distacco del pontello.

Misure: alt. 1,5 cm; piede 5 cm; spess. 0,2 cm.

Confronti: ISING 1957, p. 136, forma 109a-b.

Datazione: dal iv secolo d.C.

11. Bicchiere.

Vetro trasparente color celeste chiaro con patina iridescente e alcune macchie brune. Frammento di piede troncoconico con margine ingrossato e fondo a conoide rientrante con segni del distacco del pontello.

Misure: alt. 1,8 cm; piede 5 cm; spess. 0,2 cm.

Confronti: ISING 1957, p. 136, forma 109a-b.

Datazione: dal iv secolo d.C.

US 208

1. Lastra da finestra. FIG. 19.

Vetro trasparente color verde chiaro con patina iridescente, macchie brune e microbolle. Vetro piano, con margini frastagliati.

Misure: alt. 3,9 cm; largh. 3,5 cm; spess. 0,2 cm.

2. Unguentario. FIG. 19.

Vetro opaco incolore con patina iridescente, macchie brune e numerose microbolle. Fondo apoda a conoide rientrante.

Misure: alt. 0,7 cm; fondo 2 cm; spess. 0,1 cm.

Confronti: GENÇLER 2000, fig. 4, n. 58.

Datazione: v-vi secolo d.C.

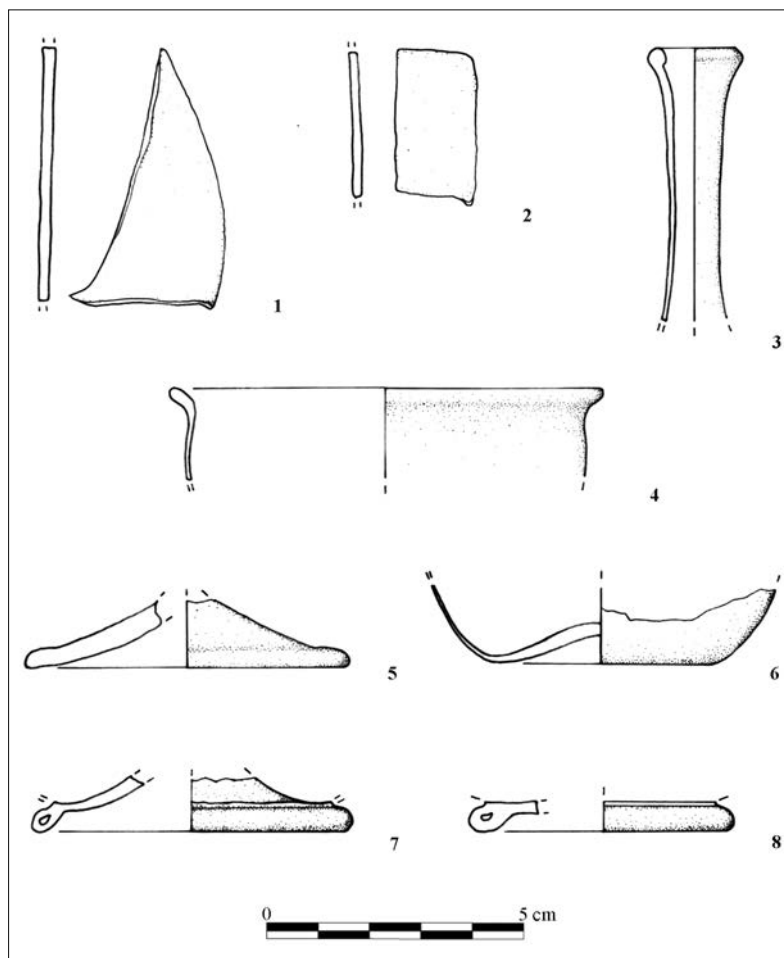


FIG. 18. Manufatti vitrei rinvenuti nell'us 194.

3. Piatto. FIG. 19.

Vetro trasparente color celeste chiaro con numerose microbolle. Frammento di piede ad anello con margine ripiegato a sezione tubolare e fondo piano, parete verticale.

Misure: alt. 1,4 cm; piede 16 cm; spess. 0,08 cm.

Confronti: ISING 1957, forma 48.

Misure: alt. 2,2 cm; orlo 8 cm; spess. 0,1-0,3 cm.

Confronti: BAYBO 2009, pp. 192-194, fig. 18 (Limyra, Licia); ISING 1957, p. 136, forma 109a-b.

Datazione: iv-v secolo d.C.

6. Coppa. FIG. 19.

Vetro trasparente color celeste chiaro con patina iridescente e alcune macchie brune. Orlo estroflesso indistinto appena ingrossato, vasca dal profilo emisferico.

Misure: alt. 1,2 cm; piede 6,5 cm; spess. 0,1-0,2 cm.

Confronti: GORIN-ROSEN 2012, cfr. p. 53, fig. 2, n. 7 (Horbat biz'a, Israele); ISING 1957, forma 96.

Datazione: III-IV secolo d.C.

7. Calice. FIG. 19.

Vetro illeggibile, con evidenti segni di alterazione. Piede inclinato con margine ingrossato.

Misure: alt. 1,2 cm; piede 6 cm; spess. 0,4 cm.

Confronti: GILL 2002, p. 73, fig. 1/16, n. 215 (Amorium, Frigia).

Datazione: v-vi secolo d.C.

4. Bicchiere. FIG. 19.

Vetro opaco color verde chiaro con patina iridescente e alcune macchie brune. Frammento di piede troncoconico con margine ingrossato e fondo a conoide rientrante con segni del distacco del pontello.

Misure: alt. 2 cm; piede 5 cm; spess. 0,2 cm.

Confronti: ISING 1957, p. 136, forma 109a-b.

Datazione: dal iv secolo d.C.

5. Bicchiere. FIG. 19.

Vetro opaco color giallo chiaro con patina iridescente e macchie brune. Imboccatura svasata, orlo con margine ripiegato verso l'interno.

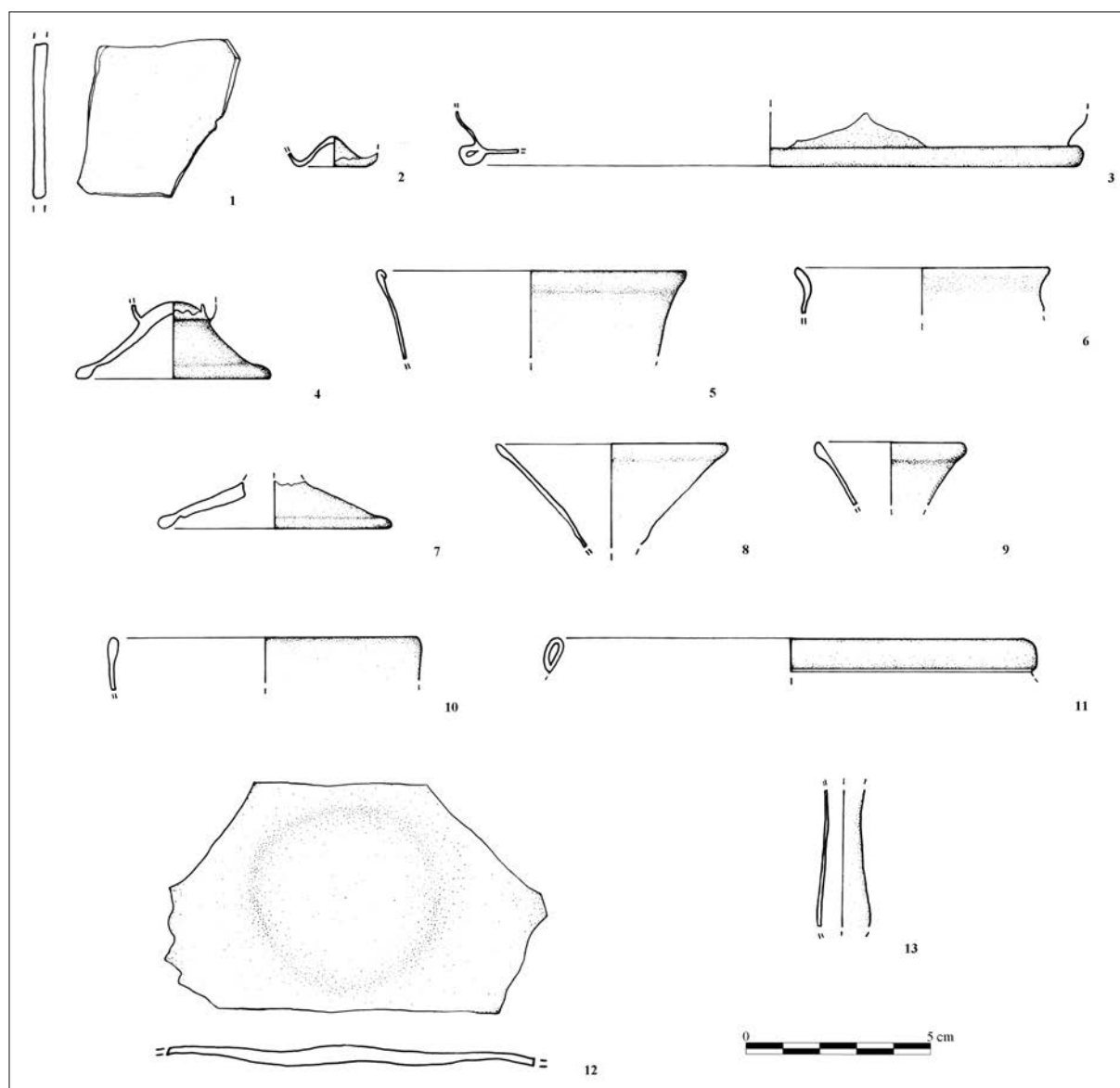


FIG. 19. Manufatti viterei rinvenuti nell'us 208.

8. Bottiglia. FIG. 19.

Vetro illeggibile, con evidenti segni di alterazione. Imboccatura svasata con restringimento verso il collo, orlo ingrossato.

Misure: alt. 2,7 cm; orlo 6 cm; spess. 0,1-0,2 cm.

Confronti: BAYBO 2009, pp. 191-193, fig. 7 (Limyra, Licia).

Datazione: dal IV secolo d.C.

9. Bottiglia/Fiasca. FIG. 19.

Vetro illeggibile, con evidenti segni di alterazione. Imboccatura svasata e orlo ingrossato.

Misure: alt. 1,6 cm; orlo 4 cm; spess. 0,1-0,3 cm.

Confronti: GILL 2002, p. 74, fig. 1/17, n. 252 (Amorium, Frigia).

Datazione: v-vi secolo d.C.

10. Bicchiera/Calice. FIG. 19.

Vetro trasparente color giallo chiaro con patina iridescente. Orlo indistinto e ingrossato, parete verticale.

Misure: alt. 1,2 cm; orlo 8 cm; spess. 0,1-0,3 cm.

Confronti: GILL 2002, p. 66, fig. 1/6, n. 77 (Amorium, Frigia).

Datazione: v-vi secolo d.C.

11. Lampada. FIG. 19.

Vetro trasparente color celeste chiaro con patina iridescente. Orlo ripiegato a sezione tubolare con margine arrotondato leggermente introflesso.

Misure: alt. 0,9 cm; orlo 12 cm; spess. 0,1 cm.

Confronti: GILL 2002, p. 72, fig. 1/15, nn. 187-188 (Amorium, Frigia).

Datazione: metà VII secolo d.C.

12. Olla? FIG. 19.

Vetro trasparente celeste chiaro, con numerose microbolle ed evidenti segni del distacco del pontello. Fondo apodo.

Misure: alt. 5,2 cm; largh. 9,5 cm; spess. 0,2-0,5 cm.

13. Unguentario FIG. 19.

Vetro trasparente incolore, con patina iridescente e macchie brune. Collo cilindrico.

Misure: alt. 3,6 cm; collo 1,2-1,4 cm; spess. 0,08-0,1 cm.

Datazione: v-vi secolo d.C.

US 221**1. Unguentario.**

Vetro illeggibile con evidenti segni di alterazione. Fondo apodo a conoide rientrante.

Misure: alt. 1,4 cm; fondo 2 cm; spess. 0,1 cm.

Attestazioni: n. 2, US 208.

Confronti: GENÇLER 2000, fig. 4, n. 58.

Datazione: v-vi secolo d.C.

2. Bicchiere.

Vetro trasparente color verde chiaro, con numerose microbolle. Orlo leggermente estroflesso e ingrossato, profilo della vasca presumibilmente espanso.

Misure: alt. 1,8 cm; orlo 8 cm; spess. 0,1-0,4 cm.

Attestazioni: n. 6, US 225.

Confronti: BLIND 2009, fig. 10, n. 13 (Labraunda, Caria).

Datazione: iv-v secolo d.C.

3. Bottiglia.

Vetro trasparente color giallo paglierino con microbolle. Imboccatura svasata, orlo ingrossato, collo presumibilmente cilindrico.

Misure: alt. 2,6 cm; orlo 6 cm; 0,1-0,2 cm.

Attestazioni: n. 8, US 208.

Confronti: BAYBO 2009, pp. 191-193, fig. 7 (Limyra, Licia).

Datazione: dal iv secolo d.C.

4. Bicchiere.

Vetro trasparente celeste chiaro con patina iridescente e microbolle. Orlo estroflesso leggermente ingrossato, vasca dal profilo emisferico.

Misure: alt. 1,7 cm; orlo 8 cm; spess. 0,1-0,3 cm.

Attestazioni: n. 4, US 194.

Confronti: GORIN-ROSEN 2012, p. 53, fig. 2, n. 7 (Horbat biz'a, Israele); ISING 1957, forma 96.

Datazione: III-IV secolo d.C.

5. Bicchiere. FIG. 20.

Vetro trasparente color giallo chiaro con alcune microbolle. Parete verticale con decorazione a filamenti applicati e pizzicati.

Misure: alt. 3 cm; largh. 2 cm; spess. 0,15-0,2 cm.

Confronti: VON SALDERN 1980, plate 21, n. 92 (Sardis, Lidia).

Datazione: III-prima metà IV secolo d.C.

6. Coppa-Bicchiere.

Vetro trasparente giallo chiaro con patina iridescente e bolle di piccole e medie dimensioni. Piede ad anello con margine ripiegato a sezione tubolare e fondo piano.

Misure: alt. 0,6 cm; piede 5 cm; spess. 0,2 cm.

Attestazioni: n. 8, US 194.

Confronti: GILL 2002, p. 73, fig. 1/16, n. 231 (Amorium, Frigia).

Datazione: v-vi secolo d.C.

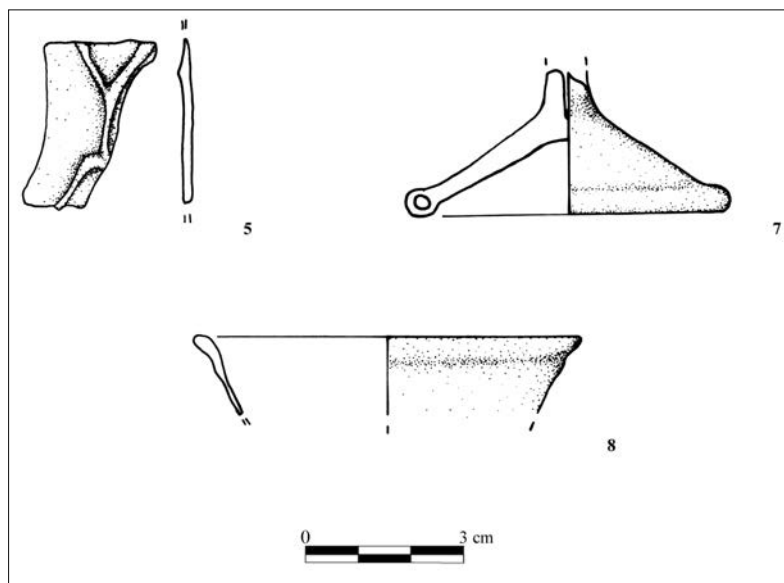


FIG. 20. Manufatti vitrei rinvenuti nell'US 221.

7. Calice-Lampada? FIG. 20.

Vetro illeggibile con evidenti segni di alterazione. Piede inclinato con margine ripiegato a sezione tubolare stelo corto e cilindrico.

Misure: alt. 2,7 cm; piede 6 cm; spess. 0,35 cm.

Confronti: ÇAKMAKÇI 2009, pp. 53, 62 e bibliografia relativa; GILL 2002, p. 66, fig. 1/6, nn. 76-78 (Amorium, Frigia); GENÇLER 2000, fig. 5, n. 69-70 (Hierapolis, Frigia).

Datazione: v-vi secolo d.C.

8. Calice. FIG. 20.

Vetro trasparente celeste chiaro. Orlo leggermente estroflesso, ingrossato e parete obliqua.

Misure: alt. 1,4 cm; orlo 7 cm; spess. 0,1-0,2 cm.

US 225

1. Olla? FIG. 21.

Vetro trasparente color giallo paglierino, con numerose microbolle ed evidenti segni del distacco del pontello. Fondo apodo.

Misure: alt. 7,2 cm; largh. 9,5 cm; spess. 0,2-0,5 cm.

2. Lastra da finestra. FIG. 21.

Vetro illeggibile con evidenti segni di alterazione. Vetro piano.

Misure: alt. 3,8 cm; largh. 2,1 cm; spess. 0,2 cm.

3. Lastra da finestra. FIG. 21.

Vetro trasparente incolore con numerose microbolle. Vetro piano.

Misure: alt. 2,6 cm; largh. 1,5 cm; spess. 0,3 cm.

4. Bicchiere.

Vetro trasparente color verde chiaro con patina iridescente e microbolle. Frammento di piede troncoconico con margine ingrossato e fondo a conoide rientrante con segni del distacco del pontello.

Misure: alt. 2 cm; piede 5 cm; spess. 0,2 cm.

Confronti: n. 4, US 208; ISING 1957, p. 136, forma 109a-b.

Datazione: dal iv secolo d.C.

5. Bicchiere.

Vetro trasparente color celeste chiaro con patina iridescente e microbolle. Vasca conica, orlo con margine ripiegato verso l'interno.

Misure: alt. 2,2 cm; orlo 8 cm; spess. 0,1-0,3 cm.

Attestazioni: n. 5, US 208.

Confronti: BAYBO 2009, pp. 192-194, fig. 18 (Limyra, Licia); ISING 1957, p. 136, forma 109a-b.

Datazione: dal iv secolo d.C.

6. Bicchiere. FIG. 21.

Vetro trasparente color verde chiaro, con numerose microbolle. Orlo leggermente estroflesso e ingrossato, profilo della vasca presumibilmente espanso.

Misure: alt. 1,8 cm; orlo 8 cm; spess. 0,1-0,4 cm.

Confronti: BLIND 2009, fig. 10, nn. 11, 13 (Labraunda, Caria); VON SALDERN 1980, p. 80, fig. 27, n. 591 (Sardis, Lidia).

Datazione: iv-v secolo d.C.

S. C.

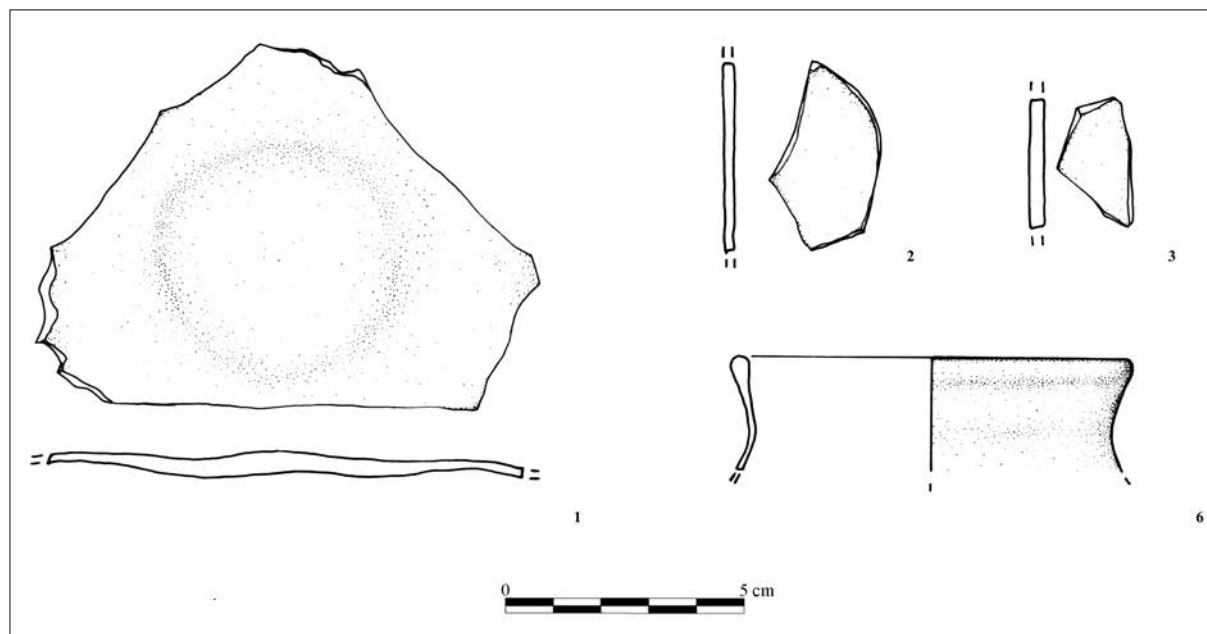


FIG. 21. Manufatti vitrei rinvenuti nell'us 225.

Gli indicatori di produzione

Ploutonion

1. Vetro grezzo (us 194 e 225), 31 esemplari.

1 Blocco di vetro grezzo con colore viola bruno e 30 frammenti di vetro verde oliva. L'aspetto con superficie prismatica e il taglio che non lascia alcuna superficie piana e lascia ne permettono l'identificazione.

Il vetro di colore viola bruno potrebbe essere colorato con aggiunta intenzionale di manganese e appartenente ad un gruppo particolarmente diffuso in Oriente (Foy 4) e ritrovato anche nel sud della Francia.

Confronti: blocchi di vetro grezzo di questa tipologia sono diffusi in tutto il bacino del mediterraneo soprattutto nel lasso cronologico del I a.C.-VIII d.C. cfr. FOY 2003, p. 35, 43, 45; RACHELI, SPADEA 2012.

2. Semi-fusi (us 225, 228), 9 esemplari.
6 tessere turchesi opache (o, 8 cm di lato) e una trasparente bruno-viola adesa a un frammento di crogiolo allo stato semifuso; 2 pareti e un fondo di recipiente presentano una deformazione dovuta al calore.

3. Crogioli.

Tipo 1 (us 208, 194) 58 esemplari.

15 frammenti di fondo e 33 pareti riferibili ad almeno 5 crogioli in argilla refrattaria con grossi inclusi di quarzo bianco annerita dall'attività di fusione avvenuta in condizione ridu-

cente. Hanno fondo piatto e forma troncoconica e un diametro approssimativamente stimabile come superiore a 30 cm. Presentano all'interno uno strato di argilla vetrificata con inclusi vetrosi, residui del bagno di fusione del vetro.

Un minuto frammento di fondo (4.8 cm) presenta una tessera adesa semifusa.

Un frammento è riferibile a un crogiolo non costituito da un recipiente in argilla, ma da resti di laterizi rivestiti di argilla. La vetrificazione superiore con strato di vetro consente di attribuirlo alla medesima fase di lavoro dei precedenti: la prima fase della rifusione di rottami.

Confronti: FOY 2003, p. 39; FREE-STONE, SCHIBILLE 2013, fig. 1D.

Tipo 2 (US 208, 221, 225), 53 esemplari.

53 frammenti di fondo e pareti di crogioli in argilla refrattaria chiara con inclusi quarziferi grossolani affioranti sul fondo. Non essendo conservati frammenti con l'attacco della parete non è possibile stabilire il numero minimo di esemplari: per dimensione degli inclusi si riconoscono almeno 2 tipologie. Tutti hanno argilla termoalterata rubefatta da cottura ossidante e un sottile strato di vetro trasparente e bene purificato. Testimoniano un livello di affinamento superiore e successivo nella catena del processo rispetto ai crogioli di tipo 1.

Confronti: *Archaeological evidence for Glassworking* 2011, fig. 27, p. 18; GRIETZ, RISTOW 2013, p. 62, fig. 5.

4. Ugelli (us 208, 294), 2 esemplari.

2 pareti di crogiolo (tipo 1) presentano resti del foro per l'ugello del mantice. Sono in argilla refrattaria termo-alterata e presentano una consistente strato vetroso lasciato dal bagno di fusione verde oliva. 1 potrebbe essere adattabile a un mantice a doppio ugello, attestato nelle produzioni metallurgiche.

Confronti: NERI, ZANETTE, LUSUARDI SIENA 2007.

5. Masse informi di fusione (us 208, 225), 63 esemplari.

Presentano residui argillosi in superficie e sono lo scarto del bagno di fusione

Confronti: *Archaeological evidence for Glassworking* 2011, fig. 5; BECKER, MONIN 2003, p. 43.

6. Test di fusione (us 208, us 194) 37 esemplari.

Gocce di vetro trasparente circolari, esito dell'operazione per testare la fluidità del bagno di fusione.

Confronti: DAVIDSON 1988, p. 312, fig. D.

7. Resti di schiumatura (us 208), 36 esemplari.

Masse leggere molto porose e alterate con minima quantità di vetro. Sono esito del processo di schiumatura delle impurità che galleggiano nel bagno di fusione.

8. Colaticci (us 208, us 225), 6 esemplari.

Gocce oblunghe e allungate di vetro esito della colatura del vetro.

Confronti: DAVIDSON 1988, p. 312, fig. F.

Fili vitrei generatesi durante la colatura o la lavorazione del vetro.

9. Stampi per piastre di vetro (USS 208, 194, 225): 97 esemplari.

Piano di colatura o stampo mancante della valva superiore con matrice in argilla refrattaria a granulometria molto fine termoalterata dal contatto con il vetro fuso nella parte superiore della sezione. La superficie a contatto con il vetro è in argilla finissima bianca stesa probabilmente allo stato liquido per evitare l'adesione del vetro.

Il vetro residuo presenta uno spessore regolare sugli esemplari conservati e la superficie superiore estremamente liscia (segno della probabile presenza di una valva superiore dello stampo). Sono distinguibili due tipologie di vetro:

1. Vetro verde (tonalità naturale) trasparente di spessore variabile tra 0,6 e 1 cm
2. Vetro giallo (tonalità naturale) trasparente di spessore variabile tra 0,4 e 1 cm

Confronti: FOY 2000; FOY 2007, p. 273, fig. 6.

10. Residui di vetro generati dal distacco delle piastre dallo stampo (US 208): 15 esemplari

Frammenti di vetro di spessore regolare (0,6-1cm) e superficie inferiore e superiore sui due Colori e spessori analoghi al vetro adesivo alle piastre o stampi di colatura (9) suggeriscono che si tratti di residue

11. Errori di colatura (US 208, 225), 37 esemplari

Lastre di vetro verde oliva informi con adesiva sui due lati residui dello stampo argilloso di colatura

Complesso martiriale di San Filippo

1. Elemento di stampo o di forno (rinvenimento sporadico in superficie dietro la chiesa di San Filippo) 1 esemplare

Piastra in argilla refrattaria grigia con superficie ondulata e un consistente strato di vetrificazione circoscritto nella zona centrale. Se la superficie ondulata farebbe propendere all'identificazione con un uno stampo per bacchette, l'inclinazione indurrebbe ad ipotizzare il suo impiego nella colatura del vetro. Lo strato di vetro superficiale è verde oliva con inclusi di vetro rosso.

2. Resti di piastre vitree (scavi 1965, martyrium, all'interno dell'ottagono), 2 esemplari

Frammenti di piastra vitrea verde oliva spessa 0,7 cm con faccia superiore liscia e faccia inferiore con abbondanti residui di argilla dello stampo di fusione

3. Scorie di fusione (scavi 1965, martyrium, ottagon, all'interno dell'ottagono), 2 esemplari

Masse vetrose blu-verdi trasparenti residue dal bagno di fusione con argilla adesiva

4. Tessere turchesi opache (scavi 1965, martyrium, all'interno dell'ottagono), 14 tessere

Presentano tracce di malta a base di calce, praticamente priva di aggregato. Questo testimonia il loro impiego originario in un mosaico parietale, probabilmente quello della vicina chiesa di S. Filippo

E. N.

APPENDICE 2. LE ANALISI ARCHEOMETRICHE SULLA PIASTRA DI SAN FILIPPO E SULLE TESSERE ROSSE E NERE DELLA CHIESA DI SAN FILIPPO

Campionamento

Sono state analizzate 2 tessere rosse e 2 tessere nere, rinvenute negli strati di oblitterazione e colmatura della chiesa di S. Filippo, datati all'età selgiuchide. Queste, insieme ad altre migliaia di tessere e a numerosi frammenti, in corso di studio, testimoniano l'esistenza di un'importante decorazione a mosaico sulle pareti della chiesa protobizantina e mediobizantina.

I dati sono stati comparati a due prelievi di vetro dall'elemento di stampo o di forno rinvenuto nella chiesa di San Filippo e interpretato come funzionale al riciclo delle tessere (Fig. 17). Si tratta di un campione di vetro rosso e uno di vetro trasparente.

Tecniche analitiche

I campioni sono stati staccati mediante taglio a secco dei frammenti che sono stati inglobati in resina acrilica in due stampi cilindrici in teflon di 2,5 cm di diametro. I dischi così ottenuti sono stati abrasati con carte di carburo di silicio a grana via via più fine e lucidati con pasta diamantata da 3 µm di diametro.

Le sezioni lucide sono state osservate al microscopio ottico in luce riflessa. In seguito i campioni sono stati metallizzati sottovuoto per essere analizzati mediante microscopia elettronica a scansio-

ne SEM e per essere sottoposti ad analisi chimica mediante microanalisi a raggi X. I reperti sono stati osservati al SEM (microscopio elettronico Philips XL30) in elettroni retrodiffusi, modalità che consente di distinguere aree a diversa composizione chimica attraverso diverse tonalità di grigio dell'immagine. Questo permette di riconoscere le fasi presenti (vetrosa e cristalline) e le zone di vetro non alterato (di una tonalità più chiara rispetto al vetro alterato) nelle quali effettuare le analisi.

La composizione chimica quantitativa viene determinata mediante microanalisi a raggi X a dispersione di energia (EDAX), utilizzando un fascio elettronico regolato a 20 kV scansionato durante l'analisi (200 secondi) su una superficie più ampia possibile (analisi media), escludendo comunque zone alterate. I conteggi netti delle analisi sono stati corretti per l'effetto matrice con un programma ZAF fornito dalla EDAX e trasformati in concentrazioni in peso degli ossidi. Nelle condizioni analitiche utilizzate la minima quantità rilevabile è pari a circa lo 0,1% in peso per la maggior parte degli ossidi analizzati. Nelle stesse condizioni sono stati analizzati vetri di riferimento a composizione nota; i coefficienti ottenuti per ciascun elemento dal rapporto tra concentrazione misurata e concentrazione esatta sono stati usati per correggere ulteriormente le analisi dei campioni incogniti.⁶³

Risultati

La composizione chimica dei campioni è riportata nella TABELLA 1 in peso percentuale degli ossidi. Si tratta di un'analisi media che comprende sia la fase vetrosa che le particelle opacizzanti ed eventuali pigmenti coloranti. I risultati sono di seguito discussi distinguendo il vetro di base (vetro trasparente incolore) e le tecniche di colorazione e opacizzazione.

Tutte le tessere presentano fenomeni di alterazione chimico-meccanica legati all'ambiente di conservazione ed alla composizione chimica con elevata concentrazione di sodio.⁶⁴

1. Vetro di base

La composizione del vetro di base (vetro trasparente incolore, al quale sono aggiunti i vari componenti coloranti, decoloranti e opacizzanti) è ricavata sottraendo le concentrazioni degli elementi aggiunti per colorare e opacizzare (piombo, stagno, rame, antimonio; anche il ferro per i vetri rossi e neri). Questa composizione permette di comprendere la tipologia di vetro grezzo impiegato, prodotto nei centri primari e importato in quelli secondari.

⁶³ Sulle procedure analitiche e i metodi impiegati si veda VERITÀ *et alii* 1994.

⁶⁴ VERITÀ 2000.

tessera	colore	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	Sb ₂ O ₃	CuO	PbO	SnO ₂	CoO	ZnO
h9-3	nero	64.0	3.20	15.4	1.70	9.20	2.42	0.33	0.09	0.15	0.11	3.36							
h13-1	nero	64.0	3.25	15.0	1.60	9.00	2.48	0.28	0.06	0.18	0.10	4.00	0.02		0.03				
h13-5	rosso	63.5	3.25	14.2	1.65	10.0	2.73	0.42	0.08	0.25	0.12	2.20	0.03		1.20	0.20	0.20		
h9-4	rosso	62.0	3.50	13.6	1.75	10.9	2.75	0.37	0.12	0.17	0.11	3.55	0.05		0.82	0.10	0.25		
Residuo vetroso	colore	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	Sb ₂ O ₃	CuO	PbO	SnO ₂	CoO	ZnO
HA-R1	rosso	63.16	3.35	11.25	1.59	9.48	2.47	0.55	0.04	0.17	0.20	2.81	0.03	0.01	1.51		0.4		0.1
HA-R2	incolore	69.31	1.55	9.51	2.37	9.38	2.91	0.25	0.23	0.84	0.10	0.40	0.34						

TAB. 1. Composizione degli ossidi calcolata in % di peso.

Tessere e residui di vetro hanno la stessa composizione: sono prodotte a partire da un vetro di base con fondente a base ceneri sodiche.

Le concentrazioni di ossidi di potassio (K₂O: tra 2.6% e 1.75%) e magnesio (MgO: tra 2.42% e 2.75%) del vetro rosso e di quello nero (H9.3, H9.4, H13.1, H13.5) farebbero invece ritenere che essi siano stati fusi impiegando miscele di silice e ceneri vegetali sodiche, fondente ottenuto per combustione di piante litoree come *Salsola kali* L. e *Salicornia* sp. Tuttavia vi sono elementi contrastanti rispetto a quanto noto in letteratura:⁶⁵ le concentrazioni di fosforo (P₂O₅) sono inferiori a 0.15% (solitamente superiori a 0.25%), inoltre la concentrazione di cloro è molto bassa (Cl inferiore a 0.25%). Questi vetri si distinguono ancora per l'utilizzo di sabbie con elevate concentrazioni di allumina (Al₂O₃: tra 3.20% e 3.50%), caratteristiche delle produzioni orientali di vetro grezzo al natron.⁶⁶ Se per le tessere rosse è usuale l'impiego del vetro con fondente vegetale anche in età romana, per le tessere nere questo testimonierebbe una transizione tecnologica, attestata anche in altri contesti nord-europei a partire dal VI sec.,⁶⁷ ma in ambito orientale conosciuta in letteratura solo dal VIII-IX sec.⁶⁸

Le particolari concentrazioni di cloro e fosforo farebbero pensare che siano state impiegate piante cresciute in un habitat differente dal Mediterraneo. Bisognerebbe chiedersi quali particolari condizioni ambientali potrebbero generare tale mutazione chimica e di conseguenza quali potrebbero essere le aree di approvvigionamento, forse non necessariamente costiere, date le particolari

condizioni ambientali di *Hierapolis* e la presenza nelle vicinanze di laghi salini. Congiuntamente a questo bisognerebbe valutare quali sabbie nel territorio frigio o più in generale anatolico abbiano tenori così caratteristici di allumina.

2. Tecniche di colorazione

Nelle tessere nere il vetro trasparente è stato intensamente colorato in giallo verde con aggiunte di ferro, fino a raggiungere l'effetto ottico del nero.

Identica è la tecnica di colorazione delle tessere e del residuo di vetro presente sulla piastra. Per le tessere rosse si riscontra la tradizionale colorazione con rame (CuO 0.82-1.20%);⁶⁹ questo è aggiunto sottoforma di scoria metallurgica di una lega ternaria con piombo (PbO 0.10-20%) e stagno (SnO₂ 0.20-0.25%). Per scurire la colorazione sono state inoltre introdotte particelle metalliche ottenute anche con aggiunta di ferro (Fe₂O₃ 2.20-3.55%), pratica meno usuale.

Conclusioni

Vetro delle tessere e dei residui di produzioni hanno composizioni analoghe e testimoniano quindi il riciclo delle tessere. L'utilizzo di vetro a base ceneri suggerisce di collocare questa attività in una cronologia posteriore all'VIII-IX sec.

E.N.

ABBREVIAZIONI BIBLIOGRAFICHE

ANTONARAS 2010: A. C. ANTONARAS, *A glass-working activities in late-roman and early Christian Thessaloniki*, in *Glass in Byzantium-Production, usage,*

analyses (International Workshop organised by the Byzantine Archaeology (Mainz 2008), ed. J. Drauschke, D. Keller, Mainz, 2010, pp. 93-105.

ANTONARAS 2012: A. C. ANTONARAS, *Early Christian and byzantine glass vessels: forms and uses*, in *Byzanz – das Römerreich im Mittelalter, Teil 1 Welt der Ideen, Welt der Dinge*, ed. F. Daim, J. Drauschke, Mainz, 2012, pp. 383-430.

ANTONARAS 2013: A. C. ANTONARAS, *The production uses of glass in Byzantine Thessaloniki*, in *New Light on Old Glass: Recent Research on Byzantine Mosaics and Glass*, ed. C. Entwistle, L. James, London, 2013.

Archaeological Evidence for Glassworking 2011: *Archaeological Evidence for Glassworking. Guidelines for best practice*, ed. S. Praynter, Swindon, 2011.

BASS et alii 2009: G. F. BASS, R. H. BRILL, B. LLEDO, S. D. MATHEWS, *Serçe Limani volume II: The Glass of an Eleventh-Century Shipwreck*, USA, 2009.

BAYBO 2009: S. BAYBO, *Late antique/Early Byzantine Glass Vessel from Trench Q18 at Limyra: Excavation Seasons 2007-2009*, in *Late antique/Early Byzantine Glass in the Eastern Mediterranean, Colloquia Anatolica et Aegaea – Acta Congressus Internationalis Smyrnenensis II*, ed. E. Lafly, Izmir, 2009, pp. 189-198.

BECKER, MONIN 2003: C. BECKER, M. MONIN, *Les fours de verriers des Subsistances à Lyon au Ier s. de notre ère*, in *FOY 2003*, pp. 42-43.

BLIND 2009: J. BLIND, *Late Antique Glass in Sacred Context: A haghiasma at Carian Labraunda*, in *Late antique/Early Byzantine Glass in the Eastern Mediter-*

⁶⁵ WEDEPOHL 1999; WHITEHOUSE 2002; VELDE 2013.

⁶⁶ SCHIBILLE 2012.

⁶⁷ FREESTONE-HUGES-STAPLETON 2008 individuano in ambito anglo-sassone dei vetri misti natron-ceneri ed ipotizzano l'introduzione di ceneri vegetali in vetro al natron per

facilitare il processo di rifusione. La stessa ipotesi viene proposta per i vetri a ceneri sodiche in SCHIBILLE ET AL 2012.

⁶⁸ HENDERSON-MCLOUGHLIN-MCPHAIL 2004.

⁶⁹ FREESTON, STAPLETON, RIGBY 2003.

REFERENZE GRAFICHE E FOTOGRAFICHE: FIG. 1: da D'ANDRIA 2013, rielaborazione grafica S. Catacchio, P. Panarelli; FIG. 2: foto P. Panarelli; FIGG. 3-6, 8, 11-13, 15: opera delle autrici; FIGG. 7, 9-10, 14: disegni di Simona Catacchio; FIG. 16: da FOY 2007.

- ranean, ed. E. Lafly, *Colloquia Anatolica et Aegaea – Acta Congressus Internationalis Smyrnenensis* II, ed. E. Lafly, Izmir, 2009, pp. 133-143.
- ÇAKMAKÇI 2009: ÇAKMAKÇI Z., A Typological Approach to Glass Goblet Production from Late Antiquity to the Middle Ages in the Light of Recent Find", in *Late antique/Early Byzantine Glass in the Eastern Mediterranean*, ed. E. Lafly, *Colloquia Anatolica et Aegaea – Acta Congressus Internationalis Smyrnenensis* II, ed. E. Lafly, Izmir, 2009, pp. 46-66.
- CANNELLA 2007: A. F. CANNELLA, Fonti scritte sullo studio della colorazione del vetro nel medioevo, «Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro», 2007, pp. 11-37.
- CAVALIERI, GIUMLIA MAIR 2009: M. CAVALIERI, A. GIUMLIA MAIR, Lombardic Glassworking in Tuscany, «Materials and Manufacturing Processes», 24, 9, 2009, pp. 1023-1032.
- CUCINI 1990: C. CUCINI, Alcune osservazioni su un antico mantice da fucina, «Archeologia Medievale», XVII, 1990, pp. 749-759.
- CZURDA-RUTH 2005: B. CZURDA-RUTH, Zu den römischen Glasern aus des 6 Jhr n. Chr. Auf der Agora, in *Annales du 16^e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre (Londres, septembre 2003)*, London, 2005, pp. 158-161.
- D'ANDRIA 2013: F. D'ANDRIA, Il Ploutonion a Hierapolis di Frigia, «Istanbuler Mitteilungen», 63, 2013, pp. 157-217.
- D'ANDRIA 2013a: F. D'ANDRIA, Il santuario e la tomba dell'apostolo Filippo a Hierapolis di Frigia, «RendPontAcc», LXXXIV, 2013, pp. 1-52.
- DAVIDSON WEINBERG 1988: G. DAVIDSON WEINBERG, Excavation at Jalame. Site of glass factory in Late Roman Palestine, University of Missouri, 1988.
- FERRI 2009: M. FERRI, La produzione del vetro, in *L'isola del vescovo. Gli scavi archeologici intorno alla cattedrale di Comacchio*, a cura di S. Gelichi, Firenze, 2009, pp. 33-35.
- FOY 2000: D. FOY, Technologie, géographie, économie: les ateliers de verriers primaires et secondaires en Occident, esquisse d'une évolution de l'Antiquité au Moyen Âge, in *La Route du verre. Ateliers primaires et secondaires du second millénaire av. J.-C. au Moyen Âge. Colloque organisé en 1989 par l'Association française pour l'Archéologie du Verre (AFAV)*, Lyon, 2000, pp. 147-170.
- FOY 2003: D. FOY, Coeur du verre. Production et diffusion du verre antique, Gollion, 2003.
- FOY 2007: D. FOY, Un production de verre à Xanthos au début de l'époque byzantine, «Anatolia Antiqua», xv, 2007, pp. 233-246.
- FOY, SOUEN 2007-2008: D. FOY, D. SOUEN, Rohglas, Gefässe und Fensterglas: Die Hauptladung des Wracks von Embiez in Sudfrankreich (3 Jh.n.Ch.), Skyllis, 2007-2008, pp. 43-55.
- FREESTONE, HUGHES, STAPLETON 2008: I. C. FREESTONE, M. J. HUGHES, C. P. STAPLETON, Composition and production of Anglo-Saxon glass, in *Catalogue of Anglo-Saxon glass vessels in the British Museum*, ed. V. I. Evison, London, 2008, pp. 29-46.
- FREESTONE, SCHIBILLE 2013: I. C. FREESTONE, N. SCHIBILLE, Composition, Production and Procurement of Glass at San Vincenzo al Volturno: An Early Medieval Monastic Complex in Southern Italy, «PLoS One», 8, 10, 2013, e76479.
- FREESTONE, STAPLETON, RIGBY 2003: I. C. FREESTONE, C. P. STAPLETON, V. RIGBY, The production of red glass and enamel in the Late Iron Age, Roman and Byzantine periods, in *Through a glass brightly. Studies in Byzantine and Medieval art and archaeology presented to David Buckton*, ed. C. Entwistle, Oxford, 2003, pp. 142-154.
- GENÇLER 2000: C. GENÇLER, I vetri di Hierapolis, in *Ricerche archeologiche nella valle del Lykos*, a cura di F. D'Andria, F. Silvestrelli, Galatina, 2000, pp. 209-260.
- GIERTZ, RISTOW 2013: W. GIERTZ, S. RISTOW, Goldtessellae und Fensterglas. Neue Untersuchungen zur Herstellung und Nutzung von Glas im Bereich der karolingerzeitlichen Pfalz Aachen, «Antike Welt», 5/13, 2013, pp. 59-66.
- GILL 2002: A. V. M. GILL, Amorium Reports, Finds 1: The Glass, (1987-1997), Oxford, 2002 («BAR International Series», 1070).
- GOLOFAST 2009: L. GOLOFAST, Early Byzantine Glass from Tauric Chersonesos (Crimea), in *Late antique/Early Byzantine Glass in the Eastern Mediterranean*, *Colloquia Anatolica et Aegaea – Acta Congressus Internationalis Smyrnenensis* II, ed. E. Lafly, Izmir, 2009, pp. 301-335.
- GORIN-ROSEN 2012: Y. GORIN-ROSEN, Remains of a Glass Industry and Glass Finds from Horbat Biz'a, in «Atiqot», 70, 2012, pp. 49-62.
- GRATUZE et alii 2003: B. GRATUZE, D. FOY, J. LANCELOT, F. TEREYGEOL, Les lisssoirs carolingiens en verre au plomb: mise en évidence de la valorisation des scories issues du traitement des galènes argentifères de Melle (Deux-Sèvres), in D. FOY, M. D. NENNA, Echanges et commerce du verre dans le monde antique, Actes du colloque de l'AFAV (Aix-en-Provence-Marseille 2001), ed. M. Mergoïl, Montagnac, 2003 («Monographie Instrumentum», 24), pp. 101-107.
- HAN, ZECCHIN 1975: V. HAN, L. ZECCHIN, Presenze balcaniche a Murano e presenze muranesi nei Balcani, «Balcanica», 6, 1975, pp. 77-97.
- HARDEN 1936: D.B. HARDEN, Roman Glass from Karanis found by the University of Michigan Archaeological Expedition in Egypt, 1924-29, Ann Arbor, 1936 («University of Michigan Studies, Humanistic Series», 41).
- HENDERSON, McLOUGHLIN, McPHAIL 2004: J. HENDERSON, S. McLOUGHLIN, D. McPHAIL, Radical changes in Islamic glass technology: evidence for conservatism, and experimentation with new glass recipes, «Archaeometry», 46, 2004, pp. 439-468.
- ISING 1957: C. ISING, Roman Glass from dated and finds, Groningen-Djakarta, 1957.
- KANYAK 2009: S. KANYAK, Late Roman/Early Byzantine Window Glass from the Marmaray Rescue Excavations at Sirkeci, Istanbul, in *Late antique/Early Byzantine Glass in the Eastern Mediterranean*, *Colloquia Anatolica et Aegaea – Acta Congressus Internationalis Smyrnenensis* II, ed. E. Lafly, Izmir, 2009, pp. 25-47.
- KELLER 2006: D. KELLER, Die Glaser aus Petra, in *Petra ež Zantur III*, eds. D. Keller, M. Grawehr, Mainz, 2006, pp. 1-256.
- KELLER 2010: D. KELLER, Byzantine glass: past, present and future – a short history of research on Byzantine glass, in *Glass in Byzantium-Production, usage, analyses*, (International Workshop organised by the Byzantine Archaeology (Mainz 2008), ed. J. Drauschke, D. Keller, Mainz, 2010, pp. 1-24).
- LAUWERS, DEGRYSE, WALKENS 2007: V. LAUWERS, P. DEGRYSE, M. WALKENS, Evidence for Anatolian glassworking in Antiquity: the case of Sagalassos (southwestern Turkey), «Journal of Glass Studies», 47, 2007, pp. 39-46.
- MALTEZOU 2004: CH. MALTEZOU, Un artisan verrier cretois a Venice, in *Chemins d'outremer: Études d'histoire sur la Méditerranée médiévale offertes à Michel Balard*, eds. D. Coulon et alii, Paris, 2004 («Byzantina Sorbonensia», 20), pp. 537-541.
- Mc CORMICK 2002: M. McCORMICK, Origins of European Economy. Communication and Commerce 300-900 A.D., Cambridge, 2002.
- NENNA 2007: M. D. NENNA, Production et commerce du verre à l'époque impériale: nouvelles découvertes et problématiques, «Facta», 1, 2007, pp. 125-147.
- NERI 2006: E. NERI, De campanis fundendis. La produzione di campane nel medioevo tra fonti scritte ed evidenze archeologiche, Milano, 2006.
- NERI 2012: E. NERI, Utilisation et production de tesselles de mosaïque à l'époque romane d'après Théophile, in *Gestes et techniques de l'artiste à l'époque romane*, «Cahiers de Cuxa», 43, 2012, pp. 31-42.
- NERI 2013: E. NERI, Vraisemblable et invraisemblable selon l'archéologie dans le De diversis artibus: quelques exemples,

- «Miscellanea Mediaevalia», 37, 2013, pp. 196-222.
- NERI, ZANETTE, LUSUARDI SIENA 2007: E. NERI, N. ZANETTE, S. LUSUARDI SIENA, *Fusione multipla e riuscita del processo: il caso dell'attività artigianale in S. Pietro di Scavons, (Cordenons, Pn)*, in *Del fondere campane. Dall'archeologia alla produzione, quadri regionali per l'Italia settentrionale*, Atti del convegno (Milano 2006), ed. S. Lusuardi Siena, E. Neri, Borgo S. Lorenzo, 2007, pp. 345-352.
- OZGUMU 2008: U. OZGUMU, *Byzantine glass finds in the roman theatre in Iznik (Nicea)*, «Byzantinische Zeitschrift», 101, 2008, pp. 727-735.
- RACHELI, SPADEA 2012: R. RACHELI, A. SPADEA, *Trasporto di vetro grezzo: un documento dal relitto di punta Scifo (Crotone)*, in *Il vetro in Italia: testimonianze, produzioni, commerci in età bassomedievale*, Atti xv Giornate Nazionali di Studio sul Vetro, a cura di A. Coscarella, Arcavacata di Rende (Cs), 2012, pp. 529-538.
- ROSE 1992: C. B. ROSE, *The 1991 post Bronze Age excavations at Troia*, «Studia Troica», 2, 1992, pp. 43-60.
- ROSE 1993: C. B. ROSE, *The 1992 post Bronze Age excavations at Troia*, «Studia Troica», 3, 1993, pp. 97-116.
- RUSSELL 1972: J. RUSSELL, *Anamur*, in *Recent archeological field-work in Turkey*, «Anatolian Studies», 22, 1972, pp. 34-35.
- SCHIBILLE 2012: N. SCHIBILLE, *Late Byzantine mineral soda high alumina glasses from Asia Minor: a new primary glass production group*, PLoS One, 6, 4, doi:10.1371/journal.pone.0018970.
- SCHIBILLE et alii 2012: N. SCHIBILLE, P. DEGRYSE, M. CORREMANS, Ch. SPECHT, *Chemical characterisation of glass mosaic tesserae from sixth-century Sagalassos (south-west Turkey): chronology and production techniques*, «Journal of Archaeological Science», 39, 2012, pp. 1480-1492.
- SHORTLAND et alii 2006: A. SHORTLAND, L. SCHACHNER, I. FREESTONE, M. TITE, *Natron as a flux in the early vitreous materials industry: sources, beginnings and reasons for decline*, «Journal of Archaeological Science», 33, 2006, pp. 521-530.
- SILVESTRI et alii 2007: A. SILVESTRI, G. MOLIN, G. SALVIULO, *The colourless glass of Iulia Felix*, «Journal of Archaeological Science», doi: 10.1016/j.jas.2007.03.010.
- SMITH, RATTÉ 1998: R. R. SMITH, C. RATTÉ, *Archeological research at Aphrodisias in Caria*, «AJA», 102, 1998, pp. 225-250.
- STERN 1985: M. STERN, *Ancient and Medieval glass from necropolis church at Anemurium*, in *Annales du 9^e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, Liège, 1985, pp. 35-64.
- STERN 1989: M. STERN, *The production of glass vessels in Roman Cilicia*, «Kolner Jahrbuch für Vor- und Frühgeschichte», 22, 1989, pp. 121-128.
- STERNINI 1995: M. STERNINI, *La fenice di sabbia. Storia e tecnologia del vetro antico*, Bari, 1995.
- TALBOT 2005: A. M. TALBOT, *Evidence about Byzantine glass in Medieval Greek texts from eight to the fifteenth Century*, «DOP», 59, 2005, pp. 141-145.
- VELDE 2013: B. VELDE, *Glass compositions over several millennia in the Western world*, in *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*, ed. K. Janssen, New York, 2013, pp. 67-78.
- VERITÀ 2000: M. VERITÀ, *Tecniche di fabbricazione dei materiali musivi vitrei: indagini chimiche e mineralogiche*, in *Medieval mosaics, light, color, materials*, *Giornata di studi (Firenze 1998)*, ed. E. Borsook, Cinisello Balsamo, 2000, pp. 47-64.
- VERITÀ et alii 1994: M. VERITÀ, R. BASO, M. T. WYPYSKI, R. KOESTLER, *X-ray microanalysis of ancient glassy materials: a comparative study of wavelength dispersive and energy dispersive techniques*, «Archaeometry», 36, 1994, pp. 241-251.
- VON SALDERN 1980: A. VON SALDERN, *Ancient and Byzantine Glass from Sardis*, in *Archaeological Exploration of Sardis Monographs*, 6, Cambridge-London, 1980.
- WEDEPOHL 1999: K. WEDEPOHL, *Karolingisches Glas, in 799 – Kunst und Kultur der Karolingerzeit. Karl der Grosse und Papst Leo III in Paderborn*, hrsg. C. Stiegemann, M. Wemhoff, Mainz, 1999.
- WEDEPOHL 2000: K. WEDEPOHL, *The change in composition of medieval glass type occurring in excavated fragments from Germany*, in *Annales du 14^e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre (Venezia-Milano 1998)*, Lochem, 2000, pp. 253-257.
- WEDEPOHL 2005: K. WEDEPOHL, *Composition of Carolingian glass in Europe*, in *Annales du 16^e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre (Londres, septembre 2003)*, London, 2005, pp. 203-206.
- WHITEHOUSE 1989: D. WHITEHOUSE, *Glassmaking at Corinth: A reassessment*, in *Annales du 4^e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre (Rouen 1987)*, 1989, pp. 73-82.
- WHITEHOUSE 1993: D. WHITEHOUSE, *The Date of the "Agora South Centre" workshop at Corinth*, «Archeologia Medievale», 20, 1993, pp. 659-661.
- WHITEHOUSE 2002: D. WHITEHOUSE, *The Transition from Natron to Plant Ash in the Levant*, «Journal of Glass Studies», 44, 2002, pp. 193-196.